COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 NOVEMBRE 1898,

PRÉSIDENCE DE M. WOLF.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉCANIQUE. — *Relation qui existe, dans la bicyclette roulant sur un sol horizontal, entre le mouvement de progression et le mouvement d'inclinaison;* par M. **J. Boussinesq**.

« I. Dans la bicyclette, le point le plus bas, que j'appellerai K, de la roue *motrice* (ou roue de derrière) a pour lieu de ses positions successives sur le sol, que nous supposerons horizontal, une courbe tangente au plan médian de cette roue. Cette courbe, en y joignant la vitesse V avec laquelle elle est décrite, définit ce qu'on peut appeler le mouvement de *progression* de la bicyclette sur le sol. Le point le plus bas, que j'appellerai A, de la roue *directrice* (ou roue de devant) est d'ailleurs, à des écarts près négligeables, contenu dans le même plan et situé à une distance sensiblement invariable $KA = a$ du bas K de la roue motrice. De plus, le poids mg de tout le système, constitué presque entièrement par le cavalier et par le

cadre de la machine, peut être censé se trouver encore dans le même plan médian, un peu au-dessus du milieu de la selle, en un centre de gravité G situé à une distance sensiblement constante $GB = h$ de la base KBA de la bicyclette, et à une petite distance horizontale également donnée, $KB = b$, en avant du point inférieur K de la roue motrice.

» Pour simplifier, je supposerai ici la masse m du système également concentrée en G, me réservant d'indiquer les modifications qu'entraîne, dans la formule finale de cette Note, la dissémination effective de m tout autour de ce centre de gravité.

» Enfin, l'angle θ du plan médian KBAG de la roue motrice, ou de sa droite BG, avec la verticale, compté positivement ou négativement suivant que ce plan penche, ou non, vers le centre de courbure C de la trajectoire du point K, mesure *l'inclinaison* prise par la bicyclette, et qu'il faut, pour la stabilité, maintenir sans cesse entre d'assez étroites limites de part et d'autre de zéro.

» Nous choisirons, d'une part, sur le sol, un axe ox presque parallèle à l'arc croissant s décrit par le point K aux environs de l'époque t, et un axe normal oy dirigé, de même, presque suivant les sens des rayons de courbure correspondants R de cet arc; d'autre part, un axe oz vertical, s'élevant au-dessus du sol. Les coordonnées x, y du point K seront fonctions du temps t par l'intermédiaire de l'arc s, relativement auquel leurs dérivées successives s'écriront x' et y', x'' et y'', x''' et y''', etc. Quant à la dérivée première de s en t, ce sera la vitesse même V du mouvement progressif de la bicyclette; de sorte que x, y, x', y', ... se différentieront en t par la formule symbolique

$$\frac{d}{dt} = V\frac{d}{ds}. \tag{1}$$

» Dans le plan des xy, les cosinus directeurs de la tangente KBA seront x', y', le premier peu différent de 1, le second très petit; et ceux de la projection horizontale perpendiculaire $h\sin\theta$ de BG, cosinus dont le second est presque 1 (quand cette projection est positive), égaleront, par suite, $-y', x'$. Dès lors, les coordonnées du point B seront $x + bx'$, $y + by'$, et celles de la projection horizontale de G les excéderont de $-hy'\sin\theta$, $hx'\sin\theta$. L'on aura donc pour les trois coordonnées, que j'appellerai ξ, η, ζ, du centre de gravité G, évidemment élevé de $h\cos\theta$ au-dessus du sol,

$$\xi = x + bx' - hy'\sin\theta, \qquad \eta = y + by' + hx'\sin\theta, \qquad \zeta = h\cos\theta. \tag{2}$$

» II. Cela posé, afin d'éliminer les réactions extérieures, exercées surtout aux deux points principaux K et A de contact de la bicyclette avec le sol à l'époque t, appliquons, à cet instant, le principe des moments au système, par rapport à la droite KA du sol ; et imaginons l'axe des x choisi exactement parallèle à cette tangente particulière KA de l'arc s. Les deux composantes non parallèles à KA, $-m\frac{d^2\eta}{dt^2}$, $-m\frac{d^2\zeta}{dt^2}$, de l'inertie de la masse m, auront comme bras de levier (tendant à accroître θ) ζ, $-(\eta-y)$, ou $h\cos\theta$, $-h\sin\theta$; et le poids mg aura de même le bras de levier $h\sin\theta$. L'équation des moments sera donc, après division par mh,

$$g\sin\theta-\frac{d^2\eta}{dt^2}\cos\theta+\frac{d^2\zeta}{dt^2}\sin\theta=0,$$

ou, vu la différentiation immédiate de $\zeta=h\cos\theta$,

$$(3)\qquad g\sin\theta-\frac{d^2\eta}{dt^2}\cos\theta-h\frac{d^2\theta}{dt^2}\sin^2\theta-h\frac{d\theta^2}{dt^2}\cos\theta\sin\theta=0.$$

» Reste à différentier deux fois en t, grâce à la formule symbolique (1), la valeur (2) de η. Il vient d'abord, comme dérivée première,

$$Vy'+bVy''+hVx''\sin\theta+hx'\frac{d\theta}{dt}\cos\theta,$$

et, comme dérivée seconde,

$$\frac{dV}{dt}y'+V^2y''+b\left(\frac{dV}{dt}y''+V^2y'''\right)$$
$$+h\left(\frac{dV}{dt}x''+V^2x'''\right)\sin\theta+2hVx''\frac{d\theta}{dt}\cos\theta+hx'\left(\frac{d^2\theta}{dt^2}\cos\theta-\frac{d\theta^2}{dt^2}\sin\theta\right).$$

» Celle-ci se simplifie beaucoup, à raison des formules données par deux différentiations en s de l'identité $x'^2+y'^2=1$, qui définit la variable s, et par une différentiation en t de l'expression $x''^2+y''^2$ du carré $\frac{1}{R^2}$ de la courbure. Ces formules

$$x'x''+y'y''=0,\qquad x'x'''+y'y'''+x''^2+y''^2=0,$$
$$V(x''x'''+y''y''')=\frac{1}{R}\frac{d\frac{1}{R}}{dt},$$

se réduisent, attendu que $x'=1$ et $y'=0$ en K, à

$$x''=0,\qquad x'''=-y''^2,\qquad Vy''y'''=\frac{1}{R}\frac{d\frac{1}{R}}{dt};$$

d'où il résulte, ainsi que de l'expression ci-dessus du carré de la courbure, et vu le signe évidemment positif de y'' (d'après le choix fait de l'axe des y),

$$y'' = \frac{1}{R} \text{ et } Vy''' = \frac{d\frac{1}{R}}{dt}.$$

Donc la valeur, changée de signe, de la dérivée seconde de η, à substituer dans (3), est

$$(4) \qquad -\frac{d^2\eta}{dt^2} = -\frac{V^2}{R}\left(1 - \frac{h}{R}\sin\theta\right) - b\frac{d\frac{V}{R}}{dt} - h\frac{d^2\theta}{dt^2}\cos\theta + h\frac{d\theta^2}{dt^2}\sin\theta.$$

» Portons enfin cette valeur dans (3) et observons que, l'angle θ devant rester très petit, on peut le substituer à son sinus, réduire son cosinus à l'unité, et réduire aussi à l'unité, dans le second terme de (4), le facteur binome entre parenthèses, à raison de la petitesse tant de θ que du rapport de h à R. L'équation (3), divisée par h, devient alors

$$(5) \qquad \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{b}{h}\frac{d\frac{V}{R}}{dt} = \frac{g}{h}\theta - \frac{V^2}{hR}.$$

» III. Telle est la relation annoncée entre le mouvement progressif de la bicyclette, défini dans son état actuel par V quant à la vitesse, par R quant à la trajectoire, et son mouvement d'inclinaison, défini par l'angle θ du plan de la roue motrice avec la verticale. La mise en compte de la non-concentration effective de la masse m en G a pour seuls effets d'y faire substituer : 1° à la constante h, la longueur effective, que nous appellerons h', du pendule composé constitué par tout le système, dans sa rotation autour de la base KA, et, 2° à la petite distance b, la somme

$$(6) \qquad b' = b + \frac{1}{h}\int ij\frac{dm}{m},$$

où i, j sont, dans le plan médian KGA, les deux coordonnées horizontale et perpendiculaire qui définissent, en projection sur ce plan médian, la situation de chaque élément dm de la masse m, ces coordonnées étant comptées à partir du centre de gravité G. On reconnaît aisément que cette somme b' croît, dans chacune de ses deux parties, quand le cavalier se penche en avant.

» IV. Les dérivées premières, en t, des deux variables V, R caractéris-

tiques du mouvement progressif, dépendent immédiatement de la volonté du cavalier et constituent, entre certaines limites, deux fonctions arbitraires du temps, laissées à sa disposition non seulement pour se diriger et avancer, mais aussi pour éviter toute exagération dangereuse de θ. En effet, l'accélération, $\frac{dV}{dt}$, du mouvement de rotation de la roue motrice à sa circonférence est en rapport direct avec l'action des pieds du cavalier sur les pédales; et, d'autre part, le changement survenu, d'un instant à l'autre, dans le rayon R de courbure, traduit d'une manière tout aussi directe l'action de ses mains, qui règlent, grâce au guidon, le petit angle α fait, sur le sol, par le plan de la roue directrice avec la trace KA du plan de la roue motrice. Car il faut remarquer que, l'extrémité A de la tangente KA à l'arc s se mouvant tangentiellement à la trace du premier de ces plans, la normale AC à cette trajectoire va couper, sous le même angle α, la normale KC à la trajectoire de l'extrémité K. Or l'on reconnaît aisément que l'intersection C de ces deux normales, centre instantané de rotation de KA, se confond avec le centre de la courbure, en K, de l'arc s.

» Effectivement, les coordonnées variables de A sont $x + ax'$, $y + ay'$; et leurs dérivées en s, entre elles comme les cosinus directeurs de la trajectoire du point A, sont $x' + ax''$, $y' + ay''$. Les deux normales KC, AC aux trajectoires ont, dès lors, comme équations respectives (X, Y désignant les coordonnées courantes),

$$\begin{cases} (X - x)x' + (Y - y)y' = 0, \\ (X - x - ax')(x' + ax'') + (Y - y - ay')(y' + ay'') = 0; \end{cases}$$

et l'on reconnaît aisément que leur point (X, Y) commun est indépendant de a, ou le même que celui des deux normales

$$\begin{cases} (X - x)x' + (Y - y)y' = 0, \\ (X - x - x'\,ds)(x' + x''\,ds) + (Y - y - y'\,ds)(y' + y''\,ds) = 0, \end{cases}$$

menées aux deux points voisins (x, y), $(x + x'\,ds, y + y'\,ds)$ de l'arc s, et qui est le centre C de courbure.

» Le triangle rectangle CKA donne, dès lors, $KA = a = R \tang\alpha$, ou, à raison de la petitesse de α, $a = R\alpha$. Alors l'équation (5), où il est préférable de faire figurer, au lieu de R, l'angle α qui exprime d'une manière presque immédiate l'action des mains du cavalier, devient

$$(7) \qquad \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{b'}{ah'}\frac{d.V\alpha}{dt} = \frac{g}{h'}\theta - \frac{V^2\alpha}{ah'}.$$

» J'y ai substitué, d'ailleurs, à b et à h, les longueurs b' et h', corrigées à raison de la dissémination de la masse m du système autour du centre de gravité G. »

M. **Ad. Carnot** fait hommage à l'Académie d'une Brochure intitulée : « Sur de nouvelles méthodes d'analyse minérale ». (Extrait du huitième fascicule de 1898 des *Annales des Mines*.)

Cette Brochure contient l'exposé d'un grand nombre de méthodes analytiques données par l'auteur, en dehors de celles qui ont été publiées précédemment dans le même Recueil.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **Th. Timbaud** adresse un Mémoire relatif à un « projet d'enlèvement et de destruction des ordures ménagères ».

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** informe l'Académie qu'il a désigné MM. *Cornu* et *Sarrau* pour faire partie du Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique pendant l'année scolaire 1898-1899, au titre de Membres de l'Académie des Sciences.

M. **Depéret**, nommé Correspondant pour la Section de Minéralogie, adresse ses remercîments à l'Académie.

ASTRONOMIE. — *Sur une méthode différentielle propre à déterminer les variations de la latitude et la constante de l'aberration.* Note de M. **G. Bigourdan**, communiquée par M. Lœwy.

« Depuis assez longtemps on avait été conduit à penser que la latitude peut subir en un même lieu des changements appréciables; mais ce n'est guère que dans les dix dernières années qu'il a été fait des déterminations

systématiques pour étudier cette variation, qui intéresse à la fois l'Astronomie, la Géodésie et la Géologie.

» On a trouvé ainsi que la latitude d'un lieu peut varier de $\pm 0'', 25$, quantité extrêmement faible et qu'on ne dégage qu'avec beaucoup de peine des erreurs multiples dont les observations sont affectées.

» Ces variations de la latitude ont été étudiées soit à l'aide de cercles méridiens, soit par la méthode dite de Horrebow-Talcott. Les latitudes obtenues avec des cercles méridiens sont affectées des causes d'erreur qui accompagnent d'ordinaire les déterminations absolues. La méthode de Horrebow-Talcott passe généralement pour donner ici des résultats plus certains; elle tire cet avantage de ce qu'elle est, en quelque sorte, demi-différentielle. Cependant l'expérience a montré qu'elle n'est pas exempte d'erreurs diverses que nous n'avons pas à examiner ici.

» D'ailleurs aucune de ces deux méthodes ne comporte l'emploi d'instruments puissants, de sorte que les déviations cherchées, de $0'', 25$ environ, sont déterminées avec des objectifs dont le pouvoir séparateur ne dépasse guère $1''$.

» La méthode suivante, qui est purement différentielle, paraît exempte de la plupart des causes d'erreur; en outre, elle permet d'employer des objectifs de plus grande puissance optique.

» Une lunette vise le nadir sur un bain de mercure qui réfléchit à la fois dans la lunette l'image du réticule et l'image des étoiles voisines du zénith. Cette lunette est munie d'un micromètre dont la vis, placée dans le méridien, permet de mesurer les distances zénithales au moment de la culmination.

» Avec cette disposition, chaque observation complète pourra se faire de la manière suivante :

» 1° Quelques instants avant le passage au méridien de l'étoile considérée, pointer un fil sur son image réfléchie, ce qui donnera la position de la verticale;

» 2° Pointer l'étoile aux environs de la culmination, pendant qu'elle traverse le champ;

» 3° Pointer de nouveau le nadir, afin de s'assurer que l'instrument est resté bien immobile.

» Dans la pratique, on pourra être amené à observer des étoiles assez distantes du zénith, de $20'$ par exemple. Cette distance est bien grande, pour être mesurée avec la précision que l'on veut atteindre ici; mais il n'est pas nécessaire de mesurer les valeurs absolues de ces distances : il

suffit de mesurer leurs variations, qui sont très faibles. Pour cela, le cadre du micromètre mené par la vis sera muni d'un certain nombre de fils parallèles entre eux et amenés à être perpendiculaires au méridien; l'un de ces fils servira pour la détermination du nadir, et un des autres (celui qui se trouvera le mieux placé) servira pour pointer l'étoile. Ensuite, la distance de ces deux fils pourra se mesurer avec une très grande précision, par coïncidence avec un même fil fixe.

» D'ailleurs, on aura soin d'employer un oculaire donnant un grossissement assez fort, et qui devra être mobile dans le sens du méridien.

» On voit que ce procédé, qui n'exige pas d'instrument spécial, permet de rapporter directement chaque étoile à la verticale; il est indépendant de la stabilité de la lunette; comme il n'emploie que des étoiles zénithales, il est indépendant de la réfraction; enfin, autant que possible, il est indépendant aussi des ondulations atmosphériques, si nuisibles à la précision des pointés.

» Comme il permet de déterminer avec une grande exactitude les variations des déclinaisons des étoiles, il peut fournir les valeurs des constantes dont dépendent ces variations, notamment la *constante de l'aberration*.

» Le bain de mercure doit être plus ou moins éloigné de l'objectif, suivant l'ouverture de la lunette employée et suivant la distance zénithale, toujours très petite, des étoiles visées. Il est facile de voir qu'en appelant

d le diamètre extérieur de la lunette à l'objectif,
D la distance de l'objectif au bain de mercure,
ζ la distance zénithale de l'étoile considérée,

la valeur minima de D, pour que toutes les parties de l'objectif reçoivent la lumière de l'étoile, est donnée par la relation

$$\tang\zeta = \frac{d}{2D}.$$

» Ainsi, pour une lunette de $0^m,10$ de diamètre extérieur et une étoile située à $0^\circ 20'$ du zénith, le bain de mercure devra être placé à $8^m,6$ au moins de l'objectif. Avec une hauteur de 100^m et une étoile située à $0^\circ 10'$ du zénith, on pourrait employer une lunette de $0^m,58$ de diamètre.

» La distance assez grande qui doit séparer l'objectif du bain de mercure peut limiter, dans bien des cas, l'emploi de ce procédé. Mais une disposition réalisée dès l'origine à l'Observatoire de Paris permet de l'ap-

pliquer avec facilité, car cet Observatoire est percé dans toute sa hauteur d'une ouverture d'environ 1^m de diamètre, et qui plonge jusqu'au sol des caves : on pourrait donc y placer le bain de mercure à 55^m environ en contre-bas de l'objectif. Dès maintenant cette ouverture est libre sur une hauteur de 15^m, et les essais vont être commencés avec une lunette de $0^m,07$ d'ouverture.

» On ne manquera pas, sans doute, d'étoiles convenablement placées, car, en relevant toutes celles qui actuellement culminent à moins de $0^\circ 30'$ du zénith de cet Observatoire, on trouve

35	étoiles de grandeur	6,0	ou plus brillantes,
133	»	7,0	»
408	»	8,0	»

ASTRONOMIE. — *Sur la mesure des petits diamètres.* Note de M. **Maurice Hamy**, présentée par M. Lœwy.

« Lorsqu'on recouvre l'objectif d'une lunette d'un écran, dans lequel sont pratiquées deux fentes étroites égales et parallèles, l'image des étoiles se présente, au foyer de l'instrument, sous forme de bandes alternativement brillantes et obscures, espacées dans le sens de l'écartement des fentes. Ce phénomène est dû à l'interférence des deux faisceaux lumineux synchrones qui traversent l'écran. La netteté de ces franges n'est pas en général parfaite, lorsque l'on examine avec l'appareil une source lumineuse d'étendue angulaire sensible. Il arrive même que les maxima et les minima d'intensité de l'image disparaissent, pour faire place à un éclairement uniforme, lorsque les fentes ont un écartement convenable, fonction du diamètre.

» Cette remarque, faite par Fizeau [1], ramène en principe la mesure du diamètre d'un petit astre à la détermination de la distance des fentes qui correspond à l'évanouissement des franges.

» La théorie complète du phénomène a été faite par M. Michelson [2] qui a vérifié expérimentalement les résultats du calcul. M. Michelson a établi que les franges disparaissent et reparaissent, à intervalles réguliers, lorsque l'on écarte progressivement les fentes. Mais leur netteté est de

---

[1] *Comptes rendus*, 1er semestre, 1868. Rapport sur le prix Bordin.
[2] *Memoirs of the national Academy of Washington*, t. V; 1891.

plus en plus faible, à mesure que le numéro d'ordre de leur apparition s'élève. Celles du second ordre sont déjà peu distinctes.

» En appelant l la distance des fentes qui correspond au premier évanouissement des franges, λ la longueur d'onde $0^{\mu},5$ des rayons les plus visibles du spectre, le diamètre ε est donné par la formule

$$(1)\qquad \varepsilon = \frac{\lambda}{l \sin 1''} \times 1'',22.$$

» Auparavant, M. Stéphan avait donné une formule approchée pour évaluer le diamètre ([1]), formule demeurant applicable lorsque l'on substitue aux fentes étroites des ouvertures étendues possédant deux axes de symétrie et de largeur petite par rapport à l'écartement de leurs centres;

» J'ai moi-même démontré ([2]) que la formule de M. Michelson est valable pour des fentes rectangulaires de longueur arbitraire et de largeur petite par rapport à l'écartement de leurs centres.

» L'application de la méthode aux astres faibles se heurte à une grosse difficulté. La quantité de lumière qui traverse l'écran est insuffisante pour que l'œil puisse discerner les franges. J'ai été conduit, pour obvier à cet inconvénient, à donner aux fentes une largeur atteignant une fraction très notable de l'écartement de leurs centres. La formule (1) cesse alors d'être valable. Il faut y apporter une correction que j'ai calculée en faisant la supposition que l'observation porte uniquement sur la disparition des franges immédiatement voisines de la frange centrale.

» Si l'on observe l'image dans le sens de l'écartement des fentes, l'intensité lumineuse dans une direction faisant un angle θ avec le centre est proportionnelle à l'expression

$$(2)\qquad I = \int_{-\frac{\varepsilon}{2}}^{+\frac{\varepsilon}{2}} \sqrt{\varepsilon^2 - 4\omega^2} \left(\frac{\sin \pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a}{\pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a} \right)^2 \cos^2\left(\pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} l\right) d\omega,$$

en appelant a la largeur de chacune des fentes, que nous supposons rectangulaires, et l l'écartement de leurs centres.

» Lorsque le rapport $\frac{a}{l}$ est petit, le facteur $\dfrac{\sin \pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a}{\pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a}$ est sensiblement

---

([1]) *Comptes rendus*, 1er semestre 1874.

([2]) *Bulletin astronomique*, 1893 et 1894.

égal à 1, pour les valeurs de θ qu'il y a lieu de considérer dans le voisinage du centre; l'expression de I peut alors se ramener à une forme simple, en remplaçant ce facteur par l'unité. On trouve qu'il y a des maxima et minima d'intensité, et que les franges comprenant la frange centrale, pour laquelle $\theta = 0$, correspondent à $\theta = \pm \frac{1}{2}\frac{\lambda}{l}$. En posant

$$V = \frac{4}{\pi}\int_0^1 \sqrt{1 - \varpi^2}\cos\frac{\pi l \varepsilon \varpi}{\lambda}\, d\varpi,$$

on reconnaît que les franges s'évanouissent lorsque V est nul. C'est la considération de l'équation $V = 0$ qui a conduit M. Michelson aux résultats que nous avons énoncés plus haut, en faisant usage des Tables de Sir G. Airy donnant V pour différentes valeurs de l'argument $\frac{l\varepsilon}{\lambda}$ (1). La formule (1) en particulier correspond à la racine $1,22\ldots$ de V.

» Lorsque le rapport $\frac{a}{l}$ n'est pas une petite fraction, on ne peut plus remplacer par 1 le facteur $\frac{\sin \pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a}{\pi \frac{\omega - \theta}{\lambda} a}$, même pour les valeurs de θ qui correspondent aux franges immédiatement voisines du centre. Il convient alors : 1° de développer l'expression (2) de I suivant les puissances de $\frac{a}{l}$ ainsi que les racines de $\frac{\partial I}{\partial \theta}$ qui se réduisent à $\pm \frac{1}{2}\frac{\lambda}{l}$, pour $\frac{a}{l} = 0$; 2° de calculer les valeurs de I correspondant à ces racines et à $\theta = 0$, puis d'écrire qu'elles sont égales; 3° de tirer le développement de la racine qui se réduit à $1,22\ldots$, pour $\frac{a}{l} = 0$ de l'équation en $\frac{l\varepsilon}{\lambda}$ ainsi obtenue. L'application de la série de Lagrange permet de simplifier notablement les calculs. Les opérations conduisent à évaluer des intégrales de la forme

$$\left.\begin{aligned} I_{2p} &= \int_0^1 \varpi^{2p}\sqrt{1 - \varpi^2}\cos 2m\varpi\, d\varpi, \\ J_{2p+1} &= \int_0^1 \varpi^{2p+1}\sqrt{1 - \varpi^2}\sin 2m\varpi\, d\varpi \end{aligned}\right\} \quad p \geq 0,$$

(1) Voir Mascart, *Traité d'Optique*, t. I, p. 309.

qui se ramènent aux suivantes

$$I_0 = \int_0^1 \sqrt{1-w^2} \cos 2mw \, dw,$$

$$J_1 = \int_0^1 w\sqrt{1-w^2} \sin 2mw \, dw.$$

» Les Tables d'Airy fournissent I_0 et la valeur de J_1 se trouve en différentiant, par rapport à m, la série employée pour le calcul de ces Tables.

» En appelant l la distance des centres des fentes, mesurée au moment où l'évanouissement des franges se produit et évaluée en millimètres, le diamètre, exprimé en secondes d'arc, est donné par l'expression

$$l\varepsilon = 126'', 1 + 96'', 5\left(\frac{a}{l}\right)^2 + \ldots$$

dans laquelle les termes négligés contiennent en facteur $\left(\frac{a}{l}\right)^2$. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur quelques types intégrables d'équations aux dérivées partielles du second ordre.* Note de M. **E. Goursat**, présentée par M. Darboux.

« En cherchant à former directement des équations aux dérivées partielles du second ordre, intégrables par la méthode de M. Darboux, j'ai été conduit à rechercher toutes les équations du second ordre de la forme

$$(1) \qquad s = f(x, y, z, p, q),$$

pour lesquelles les équations différentielles de chacun des systèmes de caractéristiques admettent une combinaison intégrable, renfermant les dérivées du second ordre.

» Si l'on fait abstraction des équations de la forme (1), intégrables par la méthode de Monge, des équations linéaires et, plus généralement, des équations qui appartiennent à la classe étudiée par M. Moutard, toutes les équations (1), qui jouissent de la propriété en question, peuvent, par quelques transformations simples, se ramener à l'une des *cinq* formes suivantes :

$$1^\circ \qquad s = \frac{2\sqrt{pq}}{x+y};$$

je me suis déjà occupé de cette équation (*Bulletin de la Société mathématique*, t. XXV; 1897), et j'ai donné l'intégrale générale sous forme entièrement explicite;

2° $$s = F(z)\sqrt{1+p^2}\sqrt{1+q^2},$$

$F(z)$ étant une fonction de z qui satisfait à la condition

$$\frac{\partial^2 \log F}{\partial z^2} = F^2;$$

on peut se borner aux deux cas de $F = \frac{1}{z}$, $F = \frac{1}{\sin z}$, auxquels se ramènent tous les autres;

3° $$sz + \varphi(x,p)\psi(y,q) = 0,$$

où les fonctions $\varphi(x,p)$, $\psi(y,q)$ satisfont respectivement aux deux relations

$$\frac{\partial\varphi}{\partial p} = \frac{p}{\varphi} + k, \qquad \frac{\partial\psi}{\partial q} = \frac{q}{\psi} + k,$$

k désignant une constante quelconque;

» 4° $$s = e^z\sqrt{xp^2+p};$$

» 5° $$s = \frac{\varphi(p)\psi(q)}{x+y},$$

$\varphi(p)$ et $\psi(q)$ étant racines des deux équations transcendantes

$$\varphi(p) = 1 + e^{p-\varphi(p)}, \qquad \psi(q) = 1 + e^{q-\psi(q)};$$

l'intégrale générale de cette dernière équation est représentée par la formule

$$z = (x+y)\,L\left(\frac{x+y}{X+Y}\right) + \int L(-X')\,dx + \int L(-Y')\,dy,$$

X étant une fonction arbitraire de x et Y une fonction arbitraire de y. Pour faire disparaître les deux signes de quadrature, il suffira de poser

$$X' = -e^{\alpha}, \qquad Y' = -e^{\beta}, \qquad x = F'(\alpha) + F''(\alpha), \qquad y = \Phi'(\beta) + \Phi''(\beta),$$

α et β désignant deux paramètres variables, $F(\alpha)$ et $\Phi(\beta)$ deux nouvelles fonctions arbitraires. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur les systèmes orthogonaux*. Note de M. **Tzitzéica**, présentée par M. Darboux.

« Considérons dans l'espace trois points : $M_i(x_i, y_i, z_i)$ $(i = 1, 2, 3)$, où x_i, y_i, z_i sont des fonctions de trois variables ρ_1, ρ_2, ρ_3 telles que l'on ait

$$(1) \qquad \frac{\partial x_i}{\partial \rho_k} = \alpha_{ik}(x_i - x_k), \qquad \frac{\partial y_i}{\partial \rho_k} = \alpha_{ik}(y_i - y_k), \qquad \frac{\partial z_i}{\partial \rho_k} = \alpha_{ik}(z_i - z_k)$$
$$(i \neq k = 1, 2, 3).$$

On obtient ainsi une figure qu'on peut aussi définir de la manière suivante : si l'on a un plan

$$ux + vy + wz + p = 0,$$

dont les paramètres u, v, w, p satisfont à un système de Laplace

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 \theta}{\partial \rho_i \partial \rho_k} = A_{ik}\frac{\partial \theta}{\partial \rho_i} + A_{ki}\frac{\partial \theta}{\partial \rho_k} \qquad (i \neq k = 1, 2, 3),$$

et si l'on en prend l'enveloppe quand, respectivement, $\rho_1 = \text{const.}$, $\rho_2 = \text{const.}$, $\rho_3 = \text{const.}$, on trouve sur ce plan trois points de contact qui sont dans la situation géométrique définie par (1).

» On voit immédiatement de (1) que pour $\rho_l = \text{const.}$ la droite M_iM_k décrit une congruence dont M_i et M_k sont les foyers (Darboux, *Géométrie*, IVe Partie, p. 267).

» Considérons maintenant le point $M(x, y, z)$ pour lequel on a

$$(3) \qquad \frac{\partial x}{\partial \rho_i} = \beta_i(x - x_i), \qquad \frac{\partial y}{\partial \rho_i} = \beta_i(y - y_i), \qquad \frac{\partial z}{\partial \rho_i} = \beta_i(z - z_i)$$
$$(i = 1, 2, 3),$$

les conditions d'intégrabilité étant supposées satisfaites.

» Un calcul simple montre que x, y, z satisfont à un système de la forme (2), ce qui signifie que pour $\rho_l = \text{const.}$ le point M décrit une surface sur laquelle les courbes $\rho_i = \text{const.}$ et $\rho_k = \text{const.}$ tracent un réseau conjugué. Nous dirons que le point M décrit un système triplement conjugué.

» Cela étant, prenons le cas spécial de la figure $M_1M_2M_3$ où les congruences décrites par les droites M_2M_3, M_3M_1, M_1M_2 quand, respecti-

vement, $\rho_1 = \text{const.}$, $\rho_2 = \text{const.}$, $\rho_3 = \text{const.}$ sont toujours cycliques. On peut faire alors une classification pour les systèmes triplement conjugués définis par (3). Pour cela, nous introduisons la notation suivante : Nous désignons par Ω_i le système triplement conjugué décrit par un point $M(x, y, z)$, si le système de la forme (2) auquel satisfont x, y, z admet i autres solutions $R_1, R_2, \ldots, R_i$ telles que $x^2 + y^2 + z^2 - R_1^2 - \ldots - R_i^2$ soit aussi une solution. On obtient alors les systèmes suivants :

» 1° Deux systèmes triplement orthogonaux, les points qui les décrivent sont symétriques par rapport au plan $M_1 M_2 M_3$;

» 2° Une infinité de systèmes triplement conjugués Ω_1 ; les points qui décrivent de tels systèmes sont *tous* distribués sur la droite D perpendiculaire au plan $M_1 M_2 M_3$ au point de rencontre des hauteurs de ce triangle ;

» 3° Dans le cas général tous les autres sont Ω_2.

» Il résulte de ce qui précède, et d'une manière naturelle, une transformation curieuse des systèmes orthogonaux due à Ribaucour (*Bull. de la Soc. philomathique*, p. 26 ; 1869) : Étant donné un système triplement orthogonal décrit par le point $M(x, y, z)$, considérons les trois points M_1, M_2, M_3 définis par

$$x_i = x - \frac{R}{\frac{\partial R}{\partial \rho_i}} \frac{\partial x}{\partial \rho_i} \qquad (i = 1, 2, 3),$$

et deux équations analogues pour y_i et z_i, où R est une solution du système auquel satisfont x, y, z et $x^2 + y^2 + z^2$. Le symétrique du point M par rapport au plan $M_1 M_2 M_3$ décrit un nouveau système orthogonal. »

ANALYSE. — *Sur la multiplication complexe des fonctions abéliennes.* Note de M. G. HUMBERT, présentée par M. Jordan.

« Le problème de la multiplication complexe des fonctions abéliennes de genre deux peut être posé comme il suit :

» *Soit* $\varphi(u, v)$ *une fonction abélienne aux périodes* $\begin{pmatrix} 0 & 1 & g & h \\ 1 & 0 & h & g' \end{pmatrix}$; *on pose*

$$(1) \qquad U = \lambda u + \mu v, \qquad V = \lambda' u + \mu' v ;$$

on demande dans quel cas la fonction $\varphi(U, V)$ *pourra s'exprimer rationnellement à l'aide des fonctions abéliennes en* u, v *admettant les périodes précédentes.*

» Cela revient à dire que U, V augmentent d'une de ces périodes quand u, v augmentent d'une période, et l'on en conclut aisément, en désignant par a_i, b_i, c_i, d_i des entiers, que g, h, g' vérifient des relations de la forme

$$\text{(A)}\quad g^2 a_3 + gh(a_2 + b_3) + h^2 b_2 + g(a_0 - d_3) + h(b_0 - d_2) - d_0 = 0,$$
$$\text{(B)}\quad gha_3 + gg'a_2 + h^2 b_3 + hg'b_2 + ga_1 + h(b_1 - d_3) - g'd_2 - d_1 = 0,$$
$$\text{(C)}\quad gha_3 + gg'b_3 + h^2 a_2 + hg'b_2 - gc_3 + h(a_0 - c_2) + g'b_0 - c_0 = 0,$$
$$\text{(D)}\quad h^2 a_3 + hg'(a_2 + b_3) + g'^2 b_2 + h(a_1 - c_3) + g'(b_1 - c_2) - c_1 = 0.$$

» Ces relations ne sont des identités que si $\mu = \lambda' = 0$ et $\lambda = \mu' = 1$, ce qui est le cas de la multiplication ordinaire.

» Si l'on désigne par A, B, C, D les premiers membres des quatre relations ci-dessus, on trouve identiquement

$$\begin{aligned} &\mathrm{A}(a_1 + a_3 h + a_2 g') - \mathrm{B}(a_0 + a_3 g + a_2 h) \\ &+ \mathrm{C}(b_1 + b_3 h + b_2 g') - \mathrm{D}(b_0 + b_3 g + b_2 h) = \mathrm{F}_1, \\ &\mathrm{A}(a_3 h + b_3 g' - c_3) + \mathrm{B}(a_2 h + b_2 g' - c_2) \\ &- \mathrm{C}(a_3 g + b_3 h - d_3) - \mathrm{D}(a_2 g + b_2 h - d_2) = \mathrm{F}_2, \end{aligned}$$

en posant

$$\begin{aligned} \mathrm{F}_1 = {} & (h^2 - gg')(\overline{a_2 d_3} + \overline{b_2 c_3}) + g(\overline{a_3 d_1} + \overline{b_3 c_1}) \\ & + g'(\overline{a_0 d_2} + \overline{b_0 c_2}) + h(\overline{a_0 d_3} + \overline{b_0 c_3} - \overline{a_1 d_2} - \overline{b_1 c_2}) + \overline{a_0 d_1} - \overline{b_0 c_1}, \\ \mathrm{F}_2 = {} & (h^2 - gg')(\overline{b_0 a_3} + \overline{b_1 a_2}) + g(\overline{c_0 a_3} + \overline{c_1 a_2}) \\ & + g'(\overline{b_0 d_3} + \overline{b_1 d_2}) + h(\overline{c_0 b_3} + \overline{a_0 d_3} - \overline{a_2 d_1} - \overline{b_1 c_2}) + \overline{d_0 c_3} + \overline{d_1 c_2}, \end{aligned}$$

où l'on écrit pour abréger $\overline{a_2 d_3} = a_2 d_3 - a_3 d_2$, ...

» Si les coefficients des termes en $h^2 - gg'$, g, g', h et le terme constant sont nuls dans F_1 (et par suite dans F_2), la transformation (1) est une transformation ordinaire d'Hermite : c'est le seul cas de multiplication complexe qui ait, à notre connaissance, été étudié; on voit qu'il est loin d'être le plus général, et il ne semble pas que, même dans ce cas, on ait donné des résultats précis sur la détermination des périodes de multiplication complexe.

» Cela posé, appelons *relation de forme canonique entre les périodes* une relation du type

$$(2)\quad \alpha g + \beta h + \gamma g' + \delta(h^2 - gg') + \varepsilon = 0 \qquad (\beta^2 - 4\alpha\gamma - 4\delta\varepsilon > 0),$$

où α, β, ..., ε sont des entiers; on peut énoncer, relativement aux périodes de multiplication complexe, les propositions suivantes :

» 1° *Si les équations fondamentales* (A), (B), (C), (D) *se réduisent à une seule, c'est-à-dire si* g, h, g' *sont doublement indéterminés, la relation entre* g, h, g' *est nécessairement canonique.*

» 2° *Si les équations fondamentales se réduisent à deux, c'est-à-dire si* g, h, g' *sont simplement indéterminés, les relations entre* g, h, g' *sont deux relations canoniques.*

» 3° *Si les équations fondamentales déterminent complètement* g, h, g', *il existe entre* g, h, g' *une ou trois relations canoniques.*

» Il est aisé dès lors de trouver les multiplications complexes correspondant à chaque cas.

» Dans le premier cas, la relation entre g, h, g' peut se ramener, comme je l'ai indiqué précédemment, à la forme $\alpha g + \beta h + \gamma g' = 0$, et les multiplications complexes sont données par les formules

$$U = lu + k\gamma v, \qquad V = -k\alpha u + (l - k\beta)v,$$

l et k étant deux entiers quelconques. A un système (u, v) correspond un seul système (U, V); inversement, à un système (U, V) correspondent $(l^2 - \beta kl + k^2\alpha\gamma)^2$ systèmes (u, v). La multiplication complexe est une transformation ordinaire d'Hermite dans le cas où $k(2l - \beta k)$ est nul; $k = 0$ correspond à la multiplication ordinaire.

» Dans le second cas, celui de deux relations canoniques, on peut ramener ces relations à la forme

$$h^2 - gg' = E, \qquad \alpha g + \beta h + \gamma g' - \delta = 0$$

avec les conditions $\beta^2 - 4\alpha\gamma > 0$, $E > 0$, $E(\beta^2 - 4\alpha\gamma) - \delta^2 > 0$; les multiplications complexes sont comprises dans les formules

$$\begin{aligned} U &= [\quad a_0 + \sigma\alpha g + (\sigma\beta - b_3)h]u + (\qquad \theta\gamma + b_3 g + \sigma\gamma h)v, \\ V &= [-\theta\alpha + \sigma\alpha h + (\sigma\beta - b_3)g']u + (a_0 - \theta\beta + b_3 h + \sigma\gamma g')v, \end{aligned}$$

a_0, σ, θ, b_3 étant des entiers quelconques. A un système (u, v) correspond toujours un seul système (U, V), et à (U, V) correspondent

$$[a_0^2 - a_0\theta\beta + \alpha\gamma\theta^2 + \delta(a_0\sigma - \beta\theta\sigma + b_3\theta) - E(b_3^2 - b_3\sigma\beta + \sigma^2\alpha\gamma)]^2$$

systèmes (u, v).

» Dans le troisième cas, il existe entre g, h, g' trois relations, dont une

ou trois sont canoniques. S'il y a trois relations canoniques, les résultats sont analogues à ceux du cas précédent, mais un peu plus compliqués. S'il y a une seule relation canonique, elle peut être ramenée au type

$$g + h + \gamma g' = 0,$$

et les deux autres relations sont de la forme

$$\begin{aligned} &\mathrm{M}g^2 + 2\mathrm{N}gh + (\mathrm{N} - \gamma \mathrm{M})h^2 + (\mathrm{R} + \lambda)g + \lambda\gamma h + \mathrm{S}_1 = 0, \\ &\mathrm{M}h^2 + 2\mathrm{N}hg' + (\mathrm{N} - \gamma \mathrm{M})g'^2 \qquad - \lambda h + \mathrm{R}g' + \mathrm{S}_2 = 0, \end{aligned}$$

où les coefficients sont entiers et assujettis seulement à vérifier deux inégalités, auxquelles il est toujours possible de satisfaire par le choix des deux coefficients S_1 et S_2, les autres étant quelconques.

» Les formules de multiplication complexe correspondantes s'en déduisent aisément.

» Si, des relations entre les périodes, on veut passer aux relations entre les modules, lesquelles sont toujours algébriques, le problème est plus difficile. Dans le cas des relations canoniques, j'ai indiqué précédemment, pour traiter la question, une méthode fondée sur l'étude des courbes particulières qui existent alors sur les surfaces de Kummer correspondantes. »

PHYSIQUE. — *L'équivalent mécanique de la calorie et les chaleurs spécifiques des gaz.* Note de M. A. Leduc, présentée par M. Lippmann.

« La méthode de R. Mayer a été bien souvent appliquée au calcul de l'équivalent mécanique de la calorie. On sait combien sont variés les résultats obtenus; mais, en général, ils surpassent notablement ceux que fournissent les méthodes directes. M. Violle, par exemple, appliquant le calcul à l'air, trouve 432,5 kilogrammètres.

» Bien que cette méthode ne soit pas susceptible actuellement d'une grande précision, il convient peut-être de rechercher la cause d'écarts aussi importants.

» *Formule.* — On démontre aisément la formule bien connue

$$(1) \qquad \mathrm{C} - c = \frac{\mathrm{T}}{\mathrm{E}} \frac{\partial p}{\partial t} \frac{\partial v}{\partial t}.$$

» Désignons par α et β les coefficients de dilatation $\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial t}$ et $\frac{1}{p}\frac{\partial p}{\partial t}$, et par

μ le coefficient de compressibilité $-\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial p}$, et représentons les transformations isothermes d'un gaz réel par la formule

$$(2)\qquad Mpv = RT\varphi$$

dans laquelle M représente la masse moléculaire du gaz considéré, R une constante absolue ([1]) et φ le volume moléculaire, défini antérieurement ([2]). On a

$$(3)\qquad C - c = \frac{RT^2}{ME}\alpha\beta\varphi = \frac{R}{ME}\varphi\frac{(\alpha T)^2}{p\mu};$$

φ et $p\mu$ sont donnés par les formules

$$(4)\qquad \varphi = \frac{10^4 - y}{10^4 + (e-1)z + (e-1)^2 u},$$

$$(5)\qquad p\mu = 1 + \frac{e[z + 2(e-1)u]}{10^4 + (e-1)z + (e-1)^2 u},$$

dans lesquelles $e = \frac{76p}{\Pi}$, et y et z sont des fonctions empiriques de $\chi = \frac{\Theta}{T}$, Π et Θ étant la pression et la température critiques de ce gaz.

» Enfin, de l'équation (2) on tire

$$(6)\qquad \alpha T = 1 - \frac{\chi}{\varphi}\frac{\partial\varphi}{\partial\chi}.$$

On a donc, en faisant intervenir le rapport γ des deux chaleurs spécifiques et en explicitant,

$$(7)\qquad \begin{cases} E = \dfrac{R}{MC}\dfrac{\gamma}{\gamma-1}\dfrac{10^4 - y}{10^4 + (2e-1)z + (3e-1)(e-1)u} \\ \quad \times \left[1 + \chi\left(\dfrac{\frac{\partial y}{\partial\chi}}{10^4 - y} + \dfrac{(e-1)\frac{\partial z}{\partial\chi} + (e-1)^2\frac{\partial u}{\partial\chi}}{10^4 + (e-1)z + (e-1)^2 u}\right)\right]^2. \end{cases}$$

» *Application à l'air.* — Dans le cas le plus favorable, celui de l'air, γ est probablement approché à moins de $\frac{1}{1000}$ près, ce qui correspond à une erreur sur $\frac{\gamma}{\gamma-1}$ inférieure à $\frac{1}{400}$. En même temps, l'erreur sur C est probablement inférieure à $\frac{1}{200}$ [après la

([1]) La valeur de cette constante, la même pour tous les gaz, est, d'après mes expériences, $R = 8319.10^4$ C.G.S., si l'on prend $M = 32$ pour l'oxygène, et si T est compté à partir de $-273°,2$ centigr.

([2]) Voir *Annales de Chimie et de Physique*, numéro de septembre 1898.

correction de $\frac{1}{160}$ que je lui ai fait subir [1]]; mais on n'oserait pas l'affirmer après avoir étudié de près les expériences de Regnault, qui n'ont pas été surpassées en exactitude.

» Quant aux autres facteurs, il est peu probable que la somme des erreurs apportées par eux dépasse $\frac{1}{1000}$ dans le cas le plus défavorable.

» On pourrait craindre néanmoins, d'après ce qui précède, que l'erreur sur E approchât de 1 pour 100. Nous allons voir qu'il n'en est rien, si l'on introduit dans la formule (7) les valeurs de γ que j'ai calculées [2] d'après Wüllner :

$$\gamma_0 = 1,404, \qquad \gamma_{100} = 1,403 \qquad \text{et} \qquad C = 0,239 \quad \text{à } 100^\circ \text{ comme à } 0^\circ.$$

» On trouve, en effet,

Air à 0°....... $E = 419,4.10^5$ Air à 100°..... $E = 418,4.10^5$ C.G.S.

soit en moyenne $427^{\text{kgm}},0$.

» *Application à l'anhydride carbonique.* — Effectuons le même calcul au moyen des valeurs de γ calculées d'après les expériences de Wüllner, et des chaleurs spécifiques vraies C à 0° et à 100°, d'après Regnault, puis d'après Wiedemann (C_R, C_W). Nous obtenons ce qui suit :

t.	γ.	C_R.	C_W.	$E.10^{-5}$ C.G.S.	$C_{cal.}$
0°	1,319	0,1870	»	432,6	0,193
		»	0,1952	414,5	
100°	1,283	0,2145	»	403,4	0,207
		»	0,2165	399,0	

» Il est clair que la majeure partie de l'écart si énorme des valeurs de E doit être attribuée aux grandes difficultés que l'on rencontre dans la mesure de C. Aussi m'a-t-il paru intéressant de calculer inversement, en admettant pour E la valeur 419.10^5 C.G.S., les chaleurs spécifiques vraies de CO^2 à 0° et à 100°, que j'ai inscrites dans la dernière colonne du Tableau ci-dessus.

» On voit que C_0 est compris entre les nombres de Regnault et de Wiedemann, mais qu'il n'en est pas de même de C_{100}.

» Je donnerai prochainement quelques applications de calculs semblables. »

---

(1) *Comptes rendus,* séance du 27 juin 1898.
(2) *Ibid.,* séance du 31 octobre 1898.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les oxydes condensés des terres rares.* Note de MM. G. **Wyrouboff** et A. **Verneuil**, présentée par M. Moissan.

« Deux propriétés remarquables caractérisent les oxydes des terres rares : leur faculté de se polymériser avec une excessive facilité sous l'influence des causes les plus diverses et leur tendance à former entre elles des combinaisons très stables aboutissant à des oxydes complexes, également polymérisables, fort différents, par l'ensemble de leurs réactions, des oxydes simples.

» La connaissance exacte de ces deux propriétés, inaperçues jusqu'ici, permet non seulement d'interpréter d'une façon très simple une série de faits depuis longtemps observés et restés à l'état d'énigmes, mais encore de comprendre les raisons des difficultés qu'on éprouve à séparer ces oxydes les uns des autres et d'indiquer les procédés rationnels de cette séparation. Nous voulons aujourd'hui appeler l'attention sur la première des deux propriétés dont nous venons de parler.

» De tous les oxydes de ce groupe l'oxyde céroso-cérique est celui qui se polymérise avec la plus grande facilité ; on peut même dire que l'oxyde normal n'existe pas à l'état de liberté ; il est facile de le démontrer expérimentalement. Si l'on dissout dans l'acide azotique l'hydrate de cet oxyde obtenu par l'un quelconque des procédés connus, on constate que cette solution donne un abondant précipité lorsqu'on l'additionne d'eau.

» Cette précipitation n'a plus lieu si l'on a chauffé la solution pendant quelque temps ou si on l'a abandonnée à elle-même pendant quelques heures. Le précipité ainsi obtenu est un corps gélatineux, blanc, ressemblant à l'ambre lorsqu'il est desséché, entièrement soluble dans l'eau, précipitable de sa solution aqueuse, qui a une réaction fortement acide, par AzO^3H ou HCl dilués, mais soluble à chaud dans ces acides concentrés. L'analyse conduit à la formule $(Ce^3O^4)AzO^3H$. L'oxyde qu'on régénère de ce composé en le traitant par un alcali ne ressemble nullement, au moment de sa précipitation, à l'oxyde précipité d'un sel neutre, du nitrate $(Ce^3O^4)4Az^2O^5$ par exemple. Il est blanc à l'état humide, jaune et corné lorsqu'il est sec ; il ne se réduit que difficilement par HCl à chaud. Traité par un excès de AzO^3H, il reproduit le composé $(Ce^3O^4)AzO^3H$.

» C'est donc bien là un polymère de l'oxyde ordinaire, mais il n'est pas le seul. Dans tous les Ouvrages classiques, on trouve l'affirmation que l'oxyde de cérium obtenu par calcination de l'oxalate est absolument inattaquable par l'acide nitrique ; cela est tout à fait inexact.

» L'attaque se produit, au contraire, très facilement, même à froid, à la condition que l'oxyde n'ait pas été calciné à une température supérieure à 500° et que l'acide employé soit aussi faible que possible (2 à 3 pour 100). L'oxyde jaune serin très dense, pulvérulent, se transforme ainsi rapidement en un corps blanc gélatineux qui, après décantation de la liqueur acide qui surnage, donne avec l'eau une solution très laiteuse à réaction fortement acide, entièrement précipitable lorsqu'on ajoute $\frac{2}{100}$ d'acide azotique. Ce corps, une fois desséché, supporte une température de 130° sans se décomposer; il est jaune pâle, à peine translucide en écailles très minces; l'analyse conduit à la formule $(Ce^3O^4)_5AzO^3H$. L'oxyde qu'on en retire par l'action des alcalis est blanc à l'état humide, jaune clair et opaque à l'état sec; l'acide chlorhydrique même concentré et bouillant n'en réduit que des traces; $HCl + KI$ ne le réduit qu'avec une extrême difficulté.

» Il existe enfin un troisième polymère qu'on obtient en calcinant l'oxyde précédent vers 1500°; il devient alors tout à fait blanc et n'est plus attaquable par l'acide azotique ou concentré en tube scellé.

» Il nous faut maintenant déterminer le degré de polymérisation de ces oxydes et trouver, d'autre part, des formules plus rationnelles que celles qui résultent directement de l'analyse. Il est certain d'abord que de l'hydrogène acide existe dans le composé, puisque sa réaction est fortement acide. D'autre part, il peut être à moitié saturé par un alcali sans qu'il y ait de l'oxyde mis en liberté. Une réaction très simple va nous permettre de sortir d'embarras. Lorsqu'on traite les solutions des composés $(Ce^3O^4)AzO^3H$ et $(Ce^3O^4)^5AzO^3H$ par une solution titrée de SO^3, en excès, on la précipite intégralement; les corps précipités, complètement insolubles dans l'eau, ne contiennent plus, après un lavage complet, de AzO^3H dont *la moitié seulement* a été remplacée par SO^4H^2. Il est clair, par conséquent, que les deux formules doivent être quadruplées et que les deux nitrates solubles sont :

» 1. $(Ce^3O^4)_4\,2Az^2O^6H^2$ et $(Ce^3O^4)_{20}\,2Az^2O^6H^2$, les deux sulfates insolubles étant :

» 2. $(Ce^3O^4)^4SO^4H^2$ et $(Ce^3O^4)_{20}SO^4H^2$.

» 3. L'oxyde blanc obtenu à 1500° sera donc $(Ce^3O^4)_{n>20}$, auxquels correspondent directement des nitrates qu'on obtient en saturant la moitié de l'acide des sels (1) et ajoutant un peu de nitrate d'ammoniaque. Ils deviennent ainsi parfaitement insolubles et peuvent être lavés à l'eau.

» On voit donc que ces composés, en apparence si étranges, ne sont nullement des sels basiques, mais des composés saturés ou acides de deux oxydes $(Ce^3O^4)_4$ et $(Ce^3O^4)_{20}$ jouant le rôle de radicaux bivalents. De ces deux oxydes le premier est le résultat de la condensation spontanée de l'hydrate de l'oxyde Ce^3O^4, le second le produit de l'action d'une chaleur assez élevée sur l'oxyde anhydre. Il est facile, d'ailleurs, de dépolymériser l'oxyde $(Ce^3O^4)_{20}$. Il suffit de le chauffer à 180° en tube scellé avec un excès de AzO^3H : on le voit se dissoudre et le liquide se colorer en jaune; à ce moment, l'addition d'eau provoque la précipitation du corps $(Ce^3O^4)_4\,2Az^2O^6H^2$. Si l'action a duré plus longtemps, la liqueur devient rouge, l'eau ne la précipite plus, on a alors le corps normal $(Ce^3O^4)4Az^2O^5$; enfin, par une action plus prolongée, la solu-

tion se décolore et le liquide ne contient plus que du nitrate de protoxyde. Quant à l'oxyde $(Ce^3O^4)_4$, il se dépolymérise facilement au contact de l'acide azotique chaud.

» La thorine donne des composés polymérisés fort analogues à ceux du cérium. Lorsqu'on soumet l'oxalate, le nitrate, le chlorure ou l'hydroxyde à une calcination ménagée qui peut être poussée à la fin jusqu'au rouge, on obtient un corps qui a été pris, tantôt pour une terre nouvelle (Bahr) tantôt pour un oxyde moins oxygéné (Locke) et qui n'est en général qu'un mélange de deux polymères de ThO. Ce corps est insoluble dans AzO^3H ou HCl mais se combine avec eux avec dégagement de chaleur et donne un composé entièrement soluble dans l'eau et précipitable par les acides. On sépare les deux corps par précipitattion de leur solution aqueuse au moyen d'un acide de plus en plus concentré; c'est le corps le plus condensé qui se précipite le premier. La formule de l'un est $(ThO)_{12}AzO^3H$, celle de l'autre $(ThO)_5AzO^3H$, mais il est possible que ce dernier retienne encore un peu du premier et que sa formule soit $(ThO)_4AzO^3H$. Comme ces composés se comportent à l'égard de l'acide sulfurique de la même manière que les composés cériques, leurs formules doivent être écrites $(ThO)_{48}2Az^2O^6H^2$ et $(ThO)_{20}2Az^2O^6H^2$.

» Les oxydes du lanthane et du didyme se condensent aussi avec la plus grande facilité, mais ils n'ont donné jusqu'ici que des sels neutres insolubles $(LaO)_4Az^2O^6H^2$ et $(DiO)_4Az^2O^6H^2$ depuis longtemps décrits par Marignac. Les oxydes polymérisés des terres de l'yttria donnent au contraire des sels neutres aussi bien que des sels acides également bien connus : $(YO)_4Az^2O^6H^2$ et $(YO)_42Az^2O^6H^2$; on peut donc dire que la propriété de se condenser et de donner des composés tantôt saturés, tantôt acides, qu'on a considérés jusqu'ici comme étant des sels basiques ou surbasiques, est une propriété générale de ce qu'on l'on est convenu d'appeler les *terres rares*.

» Est-ce là une propriété particulière à ce groupe? Nullement. Un très grand nombre d'oxydes la possèdent à un très haut point. Nous citerons particulièrement l'oxyde d'étain, récemment étudié par M. Engel, et surtout les sesquioxydes de la famille du fer. Depuis les travaux de Péan de Saint-Gilles, de Graham, de Scheurer-Kestner et de Béchamp, on connaît une série de composés qu'on a pris tantôt pour des sels basiques, tantôt même pour des oxydes solubles et qui présentent tous les caractères propres aux composés que nous décrivons aujourd'hui. Ils offrent tous cette particularité remarquable d'être précipités de leur dissolution par l'acide sulfurique, qui élimine la totalité de leur acide mais n'en remplace que la moitié, transformant ainsi les sels acides solubles en sels neutres insolubles.

» On est porté ainsi à remplacer la notion confuse de *sels basiques* par la notion plus précise de *condensation successive de l'oxyde*. Qu'est-ce, en effet, que ces composés plus saturés que le sel saturé, qui existent dans des liqueurs fortement acides, comme c'est le cas des composés du bismuth, du plomb, du mercure, et dans lesquels l'oxyde perd des portions variables de sa valeur? Il paraît infiniment plus rationnel de considérer ces combinaisons comme des sels neutres ou acides d'un oxyde polymérisé qui, en se condensant, a nécessairement changé de valence.

» Pour les terres rares et les oxydes de la famille du fer, cette conclusion ne nous paraît pas douteuse. Il convient de remarquer du reste que la

constitution de ces sels paraît être complexe, car leurs éléments ne sont pas décelés, en général, par les réactifs ordinaires. »

SPECTROSCOPIE. — *Observations sur quelques spectres : aluminium, tellure, sélénium.* Note de M. A. DE GRAMONT, présentée par M. Friedel.

« Au cours de recherches récemment présentées à l'Académie, j'ai constaté, dans les spectres d'étincelles de certains corps simples, l'absence de plusieurs raies d'intensité notable, données généralement comme appartenant à ceux-ci; comme elles figurent dans les Tables et les Ouvrages classiques de Spectroscopie les plus récents, j'ai pensé pouvoir être utile en les faisant connaître ici, pour éviter aux chercheurs des méprises où je suis moi-même tombé.

» *Aluminium.* — Depuis peu d'années seulement, les progrès de l'industrie métallurgique, et surtout les procédés électrochimiques, ont permis de préparer ce métal dans un assez grand état de pureté. Je n'y ai plus alors retrouvé deux raies rouges et une raie verte figurant dans le spectre de l'aluminium de M. Thalèn, mais je me suis aperçu de la coïncidence de leurs positions avec celles des lignes que j'avais reconnues [1] les plus caractéristiques et les plus sensibles du spectre d'étincelle du silicium, soit à l'état de liberté et dans l'hydrogène, soit dans la dissociation des silicates fondus :

Aluminium (?) (Thalèn).	Air (Thalèn).		Silicium (R^d) [A. de Gramont [1]].
637,13	»	Si α	636,97
634,48	»		634,22
505,66	»	Si γ	506,00
»	504,51		504,55

» La seconde raie du doublet Si γ a dû évidemment être vue aussi par Thalèn, mais à cause de sa coïncidence avec une forte raie de l'air, due à l'azote [Néovius (R^d), 504,57], il l'aura retranchée des raies attribuées par lui à l'aluminium. Elle appartient cependant certainement au silicium car elle accompagne toujours les trois autres, aussi bien dans l'hydrogène soigneusement privé d'air que dans les silicates fondus, lorsque le spectre de l'air est absent : la raie du silicium, de même que l'autre composante du doublet Si γ, est plus diffuse, plus élargie par la condensation que la raie correspondante de l'air. En observant le spectre fourni par deux lames d'aluminium datant d'il y a plus d'une vingtaine d'années j'y ai trouvé, comme M. Thalèn, les groupes du silicium Si α et Si γ très nets. Plusieurs Ouvrages inscrivent en outre dans le spectre de l'aluminium photographié par MM. Hartley et Adeney la raie (464,52) :

---

(1) *Comptes rendus*, 25 janvier 1897. Corriger la faute d'impression de $\lambda\, Si\alpha_1$ et, au lieu de 696,97, lire 636,97.

j'en ai constaté l'absence certaine dans une atmosphère d'hydrogène, quel que fût l'échantillon d'aluminium employé; mais en se reportant au Mémoire original (*Phil. trans.*, t. CLXXV; 1884), on voit que les auteurs attribuent cette raie soit au fer, soit à des impuretés. En réalité, je la crois simplement due à l'air, et identifiable avec (444,58) observée dans le spectre de l'air par les mêmes auteurs, et plus récemment par M. Néovius [444,73(R^d)]. Cette raie est très forte et double; l'une des composantes appartient à l'oxygène et l'autre à l'azote.

» *Tellure*. — A la suite des déterminations de M. Thalèn, les trois raies vertes bien connues du cuivre (521.7); (515.3); (510.5) sont données partout comme appartenant au spectre du tellure. Je suis tombé dans la même erreur ([1]) en les observant avec un échantillon de ce métalloïde donné comme pur et où elles se présentaient avec une intensité médiocre.

» J'ai étudié, depuis, le spectre du tellure dans les sels fondus (tellurites et tellurates), en arrivant à me débarrasser de ces raies, ainsi que de celles de l'antimoine ordinairement contenu dans le tellure préparé par réduction de l'acide tellureux où se trouve presque toujours une petite quantité d'acide antimonieux. Je me suis, d'autre part, assuré de l'absence de ces trois raies vertes, ainsi que de celle de (578.1) du cuivre également et donnée aussi par M. Thalèn, en étudiant le spectre du tellure véritablement pur, d'où toute trace de cuivre et d'antimoine avait été éliminée avec soin ([2]). Il me paraît intéressant de remarquer que, partant de considérations purement théoriques sur les séries de raies du tellure, M. Rydberg ([3]) avait signalé la présence probable de nombreuses lignes du cuivre et de l'argent dans les déterminations du spectre ultra-violet du tellure de MM. Hartley et Adeney, et des raies du cuivre dans le spectre visible du même corps de M. Thalèn. Ces dernières lignes n'ont d'ailleurs pas donné de traces de leur présence dans une solution chlorhydrique ou fluorhydrique de tellure, à M. Demarçay (*Spectres électriques*, p. 16).

» *Sélénium*. — Les trois mêmes raies vertes du cuivre figurent dans le spectre du sélénium de Plücker et Hittorff. Ici même ([4]), à mon tour, je les ai fait figurer parmi les lignes secondaires de ce métalloïde. Cette erreur, que je tiens à rectifier, n'était pas due au corps très pur dont j'avais fait usage, mais au platine des fils revêtus d'une couche de sélénium d'où jaillissait l'étincelle. J'avais eu affaire à une portion de fil dont les échantillons similaires ne m'avaient donné que les raies du platine, mais cette portion n'était pas elle-même exempte de cuivre.

» J'ai récemment repris ces déterminations, soit dans les sels fondus (sélénites et séléniates), soit avec le même sélénium que précédemment, mais sur du platine pur bien vérifié, et j'ai pu m'assurer de l'absence des lignes cuivriques. J'ajouterai que

---

([1]) *Analyse spectrale directe des minéraux*. Paris, 1895, p. 36.

([2]) Cet échantillon avait été préparé au laboratoire de l'Enseignement pratique de la Chimie appliquée, de la Faculté des Sciences de Paris, sous la direction de M. Chabrié.

([3]) *Recherches sur la constitution des spectres d'émission des éléments*. Stockholm, 1890.

([4]) *Comptes rendus*, 8 avril 1895 et *Analyse spectrale directe des minéraux*.

celles-ci sont présentes dans tous les minéraux sélénifères que j'ai étudiés par l'analyse spectrale directe, notamment dans la *clausthalite* (PbSe) où la présence du cuivre est indiquée par lesdites raies, assez bien marquées, et que j'avais attribuées au sélénium. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur des uréthanes aromatiques de la tétrahydroquinoléine*. Note de MM. **Cazeneuve** et **Moreau**, présentée par M. Friedel.

« L'action des bases secondaires cycliques sur les carbonates phénoliques donne naissance à des uréthanes, comme le prouvent les dérivés de la pipéridine, de la conicine, de la pipérazine que nous avons précédemment décrits [1]. L'action de la tétrahydroquinoléine confirme cette réaction qui paraît générale pour les corps de cette constitution et de cette fonction.

» Il faut employer un excès de base. En chauffant à l'ébullition pendant deux heures 4 molécules de tétrahydroquinoléine avec 1 molécule de carbonate phénolique, nous avons obtenu les uréthanes phénylique, phénylique orthochlorée, gaïacolique, et naphtolique α et β. Dans les mêmes conditions, nous avons échoué avec les trois carbonates crésyliques et le carbonate de thymol. En chauffant en tube scellé de la tétrahydroquinoléine avec ces carbonates au delà de son point d'ébullition, on obtiendrait sans doute les uréthanes correspondantes. La saponification plus difficile de ces carbonates explique le résultat négatif constaté dans nos expériences, en nous mettant dans des conditions uniformes. Pour l'instant, nous décrirons les uréthanes que nous avons obtenues, tous corps blancs, très stables, fusibles et bouillant presque sans décomposition autour de 300°.

» *a. Uréthane phénylique de la tétrahydroquinoléine.* — On chauffe, comme nous venons de le dire, pendant deux heures à l'ébullition, 4 molécules de tétrahydroquinoléine, avec une molécule de carbonate phénylique, soit 30^{gr} de base avec 10^{gr} de carbonate, lequel se dissout facilement dans la base. Après refroidissement, on ajoute de l'eau acidifiée par de l'acide chlorhydrique pour enlever la tétrahydroquinoléine libre. Le résidu se solidifie facilement en abaissant la température. On le purifie par lavage à l'alcool froid, puis par cristallisation dans l'alcool à 93°, qui donne

(1) *Comptes rendus*, 1898.

de petits cristaux très blancs. Ce corps est constitué par l'uréthane phénylique correspondant à la formule

$$CO\begin{cases}AzC^9H^{10}\\OC^6H^5\end{cases},$$

Le dosage a donné, pour le corps desséché dans le vide, 5,46 pour 100 d'azote. La formule précédente exige 5,53 pour 100.

» Ce corps fond à 51°-52°. Il distille presque sans décomposition autour de 300°. Il est très peu soluble dans l'eau. Il se dissout dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, le benzène, le nitrobenzène.

» *b. Uréthane phénylique orthochlorée de la tétrahydroquinoléine.*—Cette uréthane se prépare dans les mêmes conditions que la précédente. Nous avons fait bouillir, pendant deux heures, 15gr de carbonate de phénol orthodichloré au sein de 30gr,1 de tétrahydroquinoléine, soit 1 molécule pour 4 molécules. Reprenant par l'eau acidifiée par HCl, nous avons fait cristalliser le résidu dans de l'alcool à 93°.

» Ce corps se présente sous la forme de petits cristaux blancs. Il donne à l'analyse Az = 4,95 pour 100; la formule

$$CO\begin{cases}AzC^9H^{10}\\OC^6H^4Cl\end{cases}$$

exige 4,87 pour 100.

» Il fond à 61°. Il est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et le nitrobenzène, très soluble dans l'éther, le chloroforme et le benzène.

» *c. Uréthane gaïacolique de la tétrahydroquinoléine.* — Même mode de préparation que précédemment. 20gr de carbonate de gaïacol sont chauffés à l'ébullition pendant deux heures au sein de 38gr,8 de tétrahydroquinoléine, soit 1 molécule pour 4 molécules.

» On reprend par l'eau acidifiée, puis par l'eau alcaline pour enlever sûrement l'excès de base et le gaïacol. Le résidu solidifié par le froid est mis à cristalliser dans l'alcool. On obtient par cristallisation lente des mamelons très durs composés d'aiguilles s'irradiant d'un centre.

» L'analyse a donné Az = 5,15 pour 100. La formule

$$CO\begin{cases}AzC^9H^{10}\\OC^6H^4.OCH^3\end{cases}$$

exige 4,94.

» Ce corps fond à 69° et reste en surfusion. Insoluble dans l'eau, il est assez soluble dans l'alcool et le nitrobenzène, très soluble dans l'éther, le chloroforme et le benzène.

» *d. Uréthane naphtolique α de la tétrahydroquinoléine.*—Nous l'avions préparée dans les mêmes conditions que les uréthanes déjà décrites en chauffant à l'ébullition pendant deux heures 17gr de naphtol α au sein de 30gr de tétrahydroquinoléine (1 molécule pour 4 molécules).

» On lave à l'eau acidifiée par HCl, puis à l'eau alcaline pour enlever le naphtol libre. On fait cristalliser le résidu solide dans l'alcool à 93° à deux ou trois reprises. On obtient de petits cristaux blancs fondant à 73° qui ont donné à l'analyse

Az = 4,639 pour 100.

La formule

$$CO\begin{cases}AzC^9H^{10}\\OC^{10}H^7\alpha\end{cases}$$

exige 4,62 pour 100.

» Cette uréthane est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, le benzène et le nitrobenzène.

» *e. Uréthane naphtolique* β *de la tétrahydroquinoléine.* — La préparation est identique à la précédente. Le corps, après lavage à l'eau acidifiée puis alcaline, se solidifie plus facilement et cristallise dans l'alcool à 93°. Il fond vers 118°-119° et a donné à l'analyse 4,66 pour 100 d'azote, correspondant à la formule

$$CO\begin{cases}AzC^9H^{10}\\OC^{10}H^7\beta\end{cases}.$$

» Cette uréthane est moins soluble dans l'alcool que l'isomère α. Elle se dissout dans l'éther et le nitrobenzène, et est très soluble dans le chloroforme et le benzène.

» *f.* Nous avons tenté de produire une uréthane au sein de l'alcool ordinaire et, en particulier, les dérivés des crésols et du thymol, procédé qui nous avait si bien réussi avec la pipérazine. Le résultat a été négatif à ce point de vue. Nous avons obtenu des éthers carboniques mixtes, des phénols et de l'alcool éthylique, en chauffant ces carbonates phénoliques au sein de l'alcool à 93°, en présence d'un excès de tétrahydroquinoléine [1]. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la pulégènacétone.* Note de M. **Ph. Barbier**, présentée par M. Friedel.

« L'ionone, et peut-être aussi l'irone, sont les seuls représentants connus des cétones hydroaromatiques ayant le groupe fonctionnel dans la chaîne latérale. J'ai cherché une méthode capable de conduire à la formation de corps du même type, en évitant le système de réactions difficiles à reproduire qui conduisent à l'ionone, et en m'adressant pour cela à des combinaisons hydroaromatiques toutes formées.

» Pour réaliser cette tentative, j'ai choisi la pulégone, sur laquelle j'ai fait réagir l'acétylacétate d'éthyle en présence d'un agent de déshydratation.

» On dissout une demi-molécule de pulégone et une demi-molécule d'éther acétylacétique dans 100gr d'acide acétique cristallisable, puis on ajoute en trois ou quatre

---

[1] L'étude de ces éthers est poursuivie par M. Albert Morel. Voir nos Mémoires précédents : *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. XIX, XX, p. 694 et 767.

fois au mélange 75gr de chlorure de zinc fondu et l'on chauffe au bain-marie pendant dix heures.

» Le produit de la réaction est alors traité par l'eau, repris par l'éther, et la solution éthérée, bien lavée à l'eau, est distillée. Le résidu abandonné par l'éther, rectifié dans le vide, donne d'abord de la pulégone et de l'éther acétylacétique inaltérés, puis, entre 148° et 153° sous 8mm, un composé qui cristallise.

» Par une nouvelle cristallisation dans la ligroïne très légère, on obtient de beaux prismes incolores fusibles à 72°-73°, répondant à la composition exprimée par la formule $C^{13}H^{20}O$.

» Cette substance est une cétone car elle donne une oxime cristallisant en prismes fusibles à 134°-135°, dont la composition est exprimée par la formule $C^{13}H^{21}AzO$.

» Cette oxime donne un dérivé benzoylé cristallisant en fines aiguilles jaune clair fusibles à 178°-179°.

» La réaction de l'éther acétylacétique sur la pulégone peut se concevoir de deux manières. On a en effet

I.

$$
\begin{array}{c}
CH^3 \\
| \\
CH \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
| \qquad\quad | \\
CH^2 \diagdown \quad \diagup CO \\
C \\
\| \\
CH^3 - C - CH^3
\end{array}
+ CH^2 \begin{cases} CO - CH^3 \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}
=
\begin{array}{c}
CH^3 \\
| \\
CH \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
| \qquad\quad | \\
CH^2 \diagdown \quad \diagup C = CH - CO - CH^3 \\
C \\
\| \\
CH^3 - C - CH^3
\end{array}
+ CO^2 + C^2H^5OH,
$$

ou bien

II.

$$
\begin{array}{c}
CH^3 \\
| \\
CH \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown CH^2 \\
| \qquad\quad | \\
CH^2 \diagdown \quad \diagup CO \\
C \\
\| \\
CH^3 - C - CH^3
\end{array}
+ CH^2 \begin{cases} CO - CH^3 \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}
=
\begin{array}{c}
CH^3 \\
| \\
CH \\
CH^2 \diagup \quad \diagdown C = C \begin{cases} CH^3 \\ CH^3 \end{cases} \\
| \qquad\quad | \\
CH^2 \diagdown \quad \diagup CO \\
C \\
\| \\
CH^3 - C - CH^3
\end{array}
+ CO^2 + C^2H^5OH.
$$

» Il y a donc lieu de choisir entre les formules I et II. J'ai tranché la question en constatant que la nouvelle cétone, que j'appellerai *pulégènacétone,* donne de l'iodoforme par l'action de l'hypobromite de sodium et de l'iodure de potassium. Ce résultat n'est compatible qu'avec la formule I qui dès lors doit être considérée comme exprimant la constitution de la pulégènacétone.

» En appliquant cette méthode à d'autres cétones hydroaromatiques

convenablement choisies, on pourra, je l'espère, réaliser la production de cétones appartenant à ce groupe intéressant. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de la potasse sur l'oxynitrocellulose.* Note de M. Léo Vignon.

« Comme suite aux recherches que j'ai publiées sur l'oxycellulose (*Comptes rendus*, 20 septembre 1897; 9 mai, 6 juin 1898), j'ai l'honneur de présenter à l'Académie les résultats donnés par l'action de la potasse sur l'oxynitrocellulose.

» 10^{gr} d'oxycellulose ont été nitrés au maximum par 150^{gr} d'un mélange de : SO^4H^2 à 66° (une partie), AzO^3H (densité 1,5) (trois parties), dans les conditions que j'ai indiquées. Après vingt-quatre heures, on a précipité dans une grande quantité d'eau, filtré, lavé et séché à l'air libre.

» 5^{gr} de l'oxynitrocellulose ainsi obtenue étant mélangés à 50^{cc} d'une lessive de KOH à 20° B., la température s'est élevée de 20° (initiale) à 45° au bout de sept minutes; en même temps, l'oxynitrocellulose s'est dissoute avec un faible dégagement gazeux, en donnant une liqueur brune.

» Cette solution, refroidie à 0° par addition de glace, a été neutralisée par de l'acide acétique à 0°, en évitant que la température monte au-dessus de 4°; on obtient ainsi une liqueur peu colorée, qui a été soumise à l'action d'un courant de H^2S à la température ordinaire pendant deux heures environ : il se dégage des composés oxygénés de l'azote, du soufre se dépose; on a chauffé ensuite au bain-marie, pour chasser les gaz dissous, et obtenu une liqueur brune qui a été refroidie.

» Cette liqueur, additionnée ensuite de 20^{cc} d'une solution de : acide acétique $7^{gr},5$, phénylhydrazine 12^{gr}, eau pour faire 100^{cc}, a été chauffée au bain-marie pendant trente minutes à 80°; il se forme un précipité cristallin, qui augmente pendant le chauffage.

» Après refroidissement, le précipité a été recueilli sur un filtre et lavé à l'eau pure; on obtient environ 8^{gr} de ce précipité pour 100^{gr} d'oxynitrocellulose.

» Au microscope, ce précipité se montre formé de cristaux jaune clair, mélangés d'une substance amorphe et résineuse de couleur brune. En le lavant à la benzine froide, la résine se dissout; repris par le toluène bouillant, les cristaux se déposent, par le refroidissement, à l'état de pureté.

» Le corps ainsi obtenu est constitué par de petits prismes jaunes, fondant à 204° avec dégagement gazeux, se dissolvant en jaune clair dans les solutions alcalines étendues.

» L'analyse élémentaire m'a donné :

$$C = 64,40, \qquad Az = 19,33, \qquad H = 5,40, \qquad O = 11,87.$$

» Les conditions de formation indiquent que cette substance est constituée par une osazone.

» D'autre part, son point de fusion est identique à celui de l'osazone de l'acide oxypyruvique obtenue par Will en faisant agir la potasse sur le collodion (*Ber.*, t. XXIV, p. 400).

» La formule de l'osagone de l'acide oxypyruvique

$$C^6H^5.HAz - Az = CH - C\begin{cases} CO.OH \\ Az - AzH^6H^5 \end{cases} = C^{15}H^{14}Az^4O^2$$

exige

$$C = 63,83, \quad Az = 19,85, \quad H = 4,99, \quad O = 11,33.$$

» En somme, par l'action d'une solution aqueuse de potasse sur l'oxynitrocellulose, on obtient de l'acide oxypyruvique $OH.CH^2.CO.CO.OH = C^3H^4O^4$.

» La cellulose fortement nitrée fournit également, dans les mêmes conditions, de l'acide oxypyruvique, mais en moindre quantité que l'oxynitrocellulose; il faut observer du reste que, dans la nitration de la cellulose, il y a formation d'oxycellulose sous l'influence oxydante de l'acide nitrique.

» Si nous récapitulons les conclusions de nos expériences relatives à la cellulose et à l'oxycellulose, nous trouvons :

	Cellulose.	Oxycellulose.
Résistance à la potasse	Grande	Très faible
Réduction par la liqueur de Fehling	Nulle (1)	Très forte
Réaction de Schiff [fuchsine (ac. sulfureux]	Nulle (1)	Très forte
Chaleur de combustion	4190-4224	4124-4133
Fonction acide	Faible	Plus forte
OH éthérifiables (pour formule en C^6)	3	3

» En somme, la cellulose du coton serait un alcool triatomique (pour la formule en C^6), les oxycelluloses seraient des alcools triatomiques de moindre condensation, ayant en outre des fonctions aldéhydiques et acides.

» On ne peut évidemment, en l'état actuel, établir des formules définitives de ces deux corps; cependant, les schémas suivants peuvent donner une idée de leurs propriétés réciproques, et présenter par suite quelque utilité :

Cellulose.

```
                CH(OH)
              /        \
   ( CH(OH)              CH(OH) )'''
   (   |        O          |    )
   (   |      /   \        |    )
   (   C <              > CH    )
          \ O—CH² /
```

(1) Si la cellulose ne contient pas d'oxycellulose.

ce groupement permettant de concevoir facilement un nombre *m* de groupes élémentaires $C^6H^{10}O^5$ réunis entre eux.

» Les oxycelluloses (celluloses plus ou moins oxydées) seraient formées de *n* groupes cellulosiques ([1]) associés au groupement A caractéristique de l'oxycellulose

$$(A)\qquad {}^{O}_{H}\!\!>\!C-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-\underset{\diagdown\, O \,\diagup}{CH-CO}\ :$$

aldéhyde, alcool, lactone.

» Par hydratation, ce groupement (A) donnerait l'acide

$${}^{O}_{H}\!\!>\!C-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CH(OH)-CO(OH)=C^6H^{10}O^7.$$

» Cet acide, enfin, engendrerait du furfurol ou de l'acide oxypyruvique, par les réactions

$$C^6H^{10}O^7=CO^2+3(H^2O)+\underbrace{C^5H^4O^2}_{\text{Furfurol.}},$$

$$C^6H^{10}O^7+O^2=2\underbrace{(C^3H^4O^4)}_{\text{ac. oxypyruvique.}}+H^2O;$$

l'oxygène intervenant dans la dernière réaction est emprunté aux groupes AzO^3 de l'oxynitrocellulose. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un nouveau principe cristallisé, retiré de la Grande Absinthe.* Note de MM. **Adrian** et **A. Trillat**, présentée par M. Guignard.

« Ce nouveau produit a été trouvé, au cours de la préparation de l'absinthine, dans les résidus abandonnés par l'extrait alcoolique de l'*Artemisia Absinthium,* la Grande Absinthe.

» Si, après avoir évaporé l'extrait alcoolique de la plante, on le débarrasse de l'absinthine, on obtient un extrait pâteux de couleur jaunâtre qui, traité par l'alcool amylique, abandonne une substance qui colore le dissolvant

([1]) Pour l'oxycellulose que nous avons préparée : trois groupes $C^6H^{10}O^5$, un groupement (A).

en jaune et cristallise au bout de deux à trois jours sous forme de belles aiguilles prismatiques, jaune paille, conservant indéfiniment cette coloration après un grand nombre de cristallisations.

» Ce corps se distingue immédiatement de l'absinthine par sa couleur, sa forme cristalline et surtout par sa saveur exempte d'amertume. Il ne possède aucune action physiologique.

» Nous avons cherché à en établir la formule par la combustion et par la détermination du poids moléculaire.

» *Analyse :*

	I.	II.	Moyenne.
Carbone	63,10	62,70	62,90
Hydrogène	5,10	5,14	5,12
Oxygène (par diff.)	31,80	32,16	31,98

» *Poids moléculaire par la méthode cryoscopique.* — La substance étant peu soluble dans l'acide acétique, on a employé le bromoforme :

Poids moléculaire dans le bromoforme............ 1002

d'où l'on déduit la composition suivante :

	Pour 100.		Approximativement.
Carbone	629	soit, en atomes :	52,4
Hydrogène	51,2	»	51,2
Oxygène	319,8	»	20

» La formule $C^{53}H^{51}O^{20}$ donne 63,1 pour 100 de carbone et 5,06 pour 100 d'hydrogène; poids moléculaire 1007. La formule $C^{52}H^{51}O^{20}$ donne 62,7 pour 100 de carbone et 5,13 pour 100 d'hydrogène; poids moléculaire 995. Il est difficile de trancher entre la formule en C^{52} et la formule en C^{53}, étant donné le poids moléculaire élevé et le peu d'écart des chiffres.

» *Point de fusion.* — Le point de fusion, très différent de ceux qui ont été donnés pour l'absinthine, est de 165°.

» *Propriétés.* — La substance est insoluble dans l'eau ; elle est soluble surtout à chaud dans l'alcool amylique, le chloroforme, l'acétone, la benzine. Elle est insoluble dans l'éther.

» Les acides étendus ne la dissolvent pas. Les acides concentrés la dissolvent à froid; par addition d'eau, on précipite sous forme de houppes cristallines une matière blanche mais qui, une fois isolée, a pu être identifiée avec la matière première. A chaud, les acides concentrés provoquent une décomposition, et la précipitation par addition d'eau ne se produit plus.

» Les alcalis étendus n'ont aucune action sur la combinaison ; à l'ébullition, les alcalis concentrés finissent par la résinifier et se colorent en jaune.

» La solution acétique donne avec le brome un composé instable; le perchlorure de fer fournit un abondant précipité noir, tandis que l'iode, dans la solution d'iodure de potassium, donne un magnifique précipité bleu indigo caractéristique.

» L'oxydation par le bichromate de potasse ou le bioxyde de plomb en solution acétique n'a donné aucune transformation. Il en a été de même de la réduction par l'hydrogène naissant.

» La liqueur de Fehling n'a donné lieu à aucune inversion, même après une demi-heure d'ébullition. Par la distillation sur la chaux nous avons obtenu des homologues de l'acide phénique.

» *Action de l'anhydride acétique.* — En chauffant la substance pendant cinq à six heures avec l'anhydride acétique, nous avons pu la transformer en produit blanc, cristallisé en feuilles. Les résultats produits par l'analyse ont été les suivants :

Carbone	61,63
Hydrogène	5,29
Oxygène (par diff.)	33,08

» Le point de fusion a été de 162°-163°.

» Malgré le peu d'écart entre les chiffres d'analyse et les points de fusion, le produit obtenu par l'anhydride acétique est bien différent. On peut le constater par l'examen de la forme cristalline et surtout par les réactions colorées obtenues par le perchlorure de fer et l'iode, bien différentes de celles qui sont fournies par le corps jaune.

» Chauffé avec de la chaux, il n'y a pas eu régénération de l'acide acétique.

» Relativement à la constitution de la substance retirée de l'*Artemisia Absinthium,* les diverses propriétés que nous avons signalées permettent de la classer dans la série des corps indifférents; elle contient au moins un noyau aromatique (régénération des dérivés phénoliques), et sa molécule semble susceptible d'une condensation interne (action de l'anhydride acétique).

» Ce corps pouvant se rencontrer dans d'autres plantes, nous avons cherché à préciser autant que possible ses propriétés physiques et chimiques. »

VITICULTURE. — *Recherches sur quelques moyens permettant d'augmenter l'adhérence des bouillies cupriques* (¹). Note de M. **Joseph Perraud**, présentée par M. Guignard.

« Le coefficient d'adhérence est l'un des facteurs les plus importants qui doivent entrer en ligne de compte pour l'établissement de la valeur des

(¹) Travail exécuté à la station viticole de Villefranche.

bouillies cupriques destinées à combattre les maladies cryptogamiques de la Vigne. Divers auteurs ([1]) ont montré déjà que cette faculté d'adhérence, qui assure la durée d'action des traitements, varie dans d'assez larges limites selon la formule des préparations; mais ces auteurs se sont occupés uniquement de l'adhérence des solutions ordinairement employées aux organes foliacés. Or, mes recherches sur le traitement du black rot m'ayant amené à considérer le sulfatage direct des grappes comme l'une des conditions les plus sûres du succès, j'ai cherché à déterminer la faculté d'adhérence des bouillies aux raisins.

» Cette adhérence est relativement très faible avec les anciennes bouillies, ainsi que l'indiquent les chiffres des Tableaux suivants, à cause de la pruine cireuse qui enveloppe les grains et empêche la fixation des corps étrangers. C'est dans le but de trouver une substance qui, ajoutée à la bouillie, fût capable de vaincre cet obstacle, que j'ai entrepris les essais qui font l'objet de cette Communication. Le choix des matières pouvant être employées était limité par les nombreuses conditions à remplir. On trouvera ci-après la nomenclature de celles que j'ai utilisées.

» 1. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre, légèrement alcalinisée avec la chaux grasse.

» 2. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre et 2 pour 100 de chaux grasse (fortement alcaline).

» 3. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre, légèrement alcalinisée avec de la chaux éteinte.

» 4. Bouillie 1 avec 3 pour 1000 de sang desséché.

» 5. Bouillie 1 avec 3 pour 1000 de poudre de blanc d'œuf.

» 6. Bouillie 1 avec 3 pour 1000 de gomme adragante.

» 7. Bouillie 1 avec 3 pour 1000 de colle forte.

» 8. Bouillie 1 avec 5 pour 1000 d'amidon.

» 9. Bouillie 1 avec 5 pour 1000 de dextrine.

» 10. Bouillie 1 avec 5 pour 1000 de silicate de potasse.

» 11. Bouillie 1 avec 2 pour 100 de mélasse (bouillie sucrée).

» 12. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre, légèrement alcalinisée avec du carbonate de soude.

» 13. Bouillie 12 avec 1 pour 100 de sulfate d'alumine.

» 14. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre et 3 pour 100 de savon.

([1]) Aimé Girard, *Recherches sur l'adhérence, aux feuilles des plantes et notamment de la pomme de terre, des bouillies cupriques* (*Société nationale d'Agriculture,* 10 février 1892).

Guillon et Gouirand, *Sur l'adhérence des bouillies cupriques utilisées pour combattre les maladies de la Vigne* (*Comptes rendus,* 25 juillet et 12 septembre 1898).

» 15. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre, neutralisée à la soude, et 5 pour 1000 de colophane.

» 16. Bouillie à 2 pour 100 de sulfate de cuivre, légèrement alcalinisée avec l'ammoniaque.

» 17. Verdet neutre à 2 pour 100.

» 18. Verdet neutre à 2 pour 100 avec 3 pour 1000 de gomme adragante.

» 19. Verdet neutre à 2 pour 100 avec 3 pour 1000 de colle forte.

» 20. Verdet neutre à 2 pour 100 avec 5 pour 1000 d'amidon.

» 21. Verdet neutre à 2 pour 100 avec 5 pour 1000 de silicate de potasse.

» Voici le résumé des quantités de cuivre laissées sur les raisins et les feuilles de Vigne, par ces diverses bouillies, dans des cas différents. Les chiffres des colonnes B et D ont été obtenus en dosant le cuivre restant sur les raisins et les feuilles quinze jours après l'application du dernier traitement et ayant subi plusieurs pluies.

	Proportion pour 100 du cuivre total resté sur les raisins.		Proportion pour 100 du cuivre total resté sur les feuilles.	
Nature des bouillies. — Numéros d'ordre correspondants.	A. Après séchage au soleil et deux heures d'exposition à une pluie donnant 4mm.	B. Après l'application de 3 traitements.	C. Après séchage au soleil et deux heures d'exposition à une pluie donnant 4mm.	D. Après l'application de 4 traitements.
1........	7,6	4,3	37,4	11,9
2........	6,3	3,8	32,3	9,4
3........	2,8	1,9	23,1	5,3
4........	7,1	3,9	36,6	11,1
5........	7,4	3,7	38,2	12,0
6........	11,2	6,1	48,8	16,7
7........	10,3	6,0	44,3	15,4
8........	7,5	4,0	36,7	10,8
9........	6,9	3,5	35,8	9,9
10........	13,4	6,9	47,9	20,7
11........	12,2	6,0	53,3	22,5
12........	12,9	6,8	59,6	19,5
13........	12,3	6,3	58,1	20,4
14........	17,5	8,0	72,9	24,1
15........	38,2	20,8	89,2	36,2
16........	5,4	3,5	31,1	9,3
17........	6,0	3,7	31,4	9,3
18........	8,9	4,6	40,5	15,8
19........	7,2	4,1	37,2	12,9
20........	5,6	3,5	29,6	10,0
21........	9,7	5,9	42,7	16,1

» Ces chiffres donnent lieu aux remarques suivantes :

» I. La faculté d'adhérence des bouillies cupriques est beaucoup plus faible pour les raisins que pour les feuilles de Vigne.

» II. Au point de vue de l'adhérence aux raisins, les anciennes bouillies se classent dans l'ordre suivant :

» 1° Bouillie au carbonate de soude légèrement alcaline;

» 2° Bouillie à la chaux grasse légèrement alcaline;

» 3° Bouillie à doses égales de sulfate de cuivre et de chaux grasse;

» 4° Verdet neutre;

» 5° Eau céleste;

» 6° Bouillie à la chaux éteinte.

» En considérant l'adhérence aux feuilles, la classification reste la même.

» III. De toutes les substances employées pour augmenter la faculté d'adhérence, la colophane s'est montrée incomparablement supérieure; viennent ensuite par ordre de mérite : 1° le savon; 2° le silicate de potasse; 3° la mélasse; 4° la gomme adragante; 5° la colle forte.

» L'amidon, la dextrine, la poudre d'œuf, le sang desséché, le sulfate d'alumine n'ont pas eu d'effet bien marqué; leur addition a plutôt eu pour conséquence la diminution de l'adhérence.

» La nature de la chaux qui entre dans la préparation de la bouillie bordelaise a une grande influence sur la faculté d'adhérence de cette dernière. La chaux grasse, éteinte seulement au moment de l'emploi, doit être préférée.

» IV. L'adhérence remarquable que communique la colophane, notamment vis-à-vis des raisins, mérite de retenir l'attention. Je ferai connaître, dans une prochaine Note, le moyen d'utiliser ce produit et les résultats que m'ont donnés, cette année, en grande culture, les bouillies en renfermant. »

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Composition et valeur alimentaire des fromages.* Note de M. Balland. (Extrait.)

« Les variétés de fromages consommés en France sont nombreuses et se prêtent difficilement à une classification rigoureuse. Dans les fromages *ordinaire* de vache, la proportion d'eau peut s'élever à 80 pour 100 et les matières azotées l'emportent généralement sur les matières grasses. Dans les fromages frais dits *à la crème* (susise, gournay, neufchâtel), l'eau est

en moindre proportion (50 à 60 pour 100); les matières grasses sont en grand excès par rapport aux matières azotées; le poids des cendres, comme précédemment, est faible. Les fromages frais *demi-sel* ont plus de consistance, moins de matière grasse et laissent plus de cendres à l'incinération (1 à 2 pour 100). Les fromages salés à *pâte molle*, préparés depuis plus ou moins de temps, en laissent encore davantage (4 à 5 pour 100). L'eau oscille entre 30 et 50 pour 100. Les matières grasses et azotées présentent de grands écarts: tantôt les premières dominent (bourgogne, brie, munster, pont-l'évêque, etc.) et tantôt les secondes (livarot, savoie); parfois elles sont en mêmes proportions (camembert, coulommiers, herve, mont-d'or, etc.).

» Les fromages à *pâte ferme* (cantal, chester, gruyère, hollande, port-salut, roquefort, etc.) ont une composition plus uniforme. L'eau ne dépasse guère 30 pour 100; les matières azotées et les matières grasses s'y rencontrent assez souvent en même quantité. Le sel est représenté par 4 à 5 pour 100 du poids total.

» Les analyses ont porté sur des fragments de fromage prélevés du centre à la circonférence et représentant aussi exactement que possible un échantillon moyen. Le produit lentement desséché a été trituré au mortier, après refroidissement; l'azote a été dosé par le procédé Kjeldahl et les matières grasses (beurre) à l'aide de l'éther. Pour faciliter la séparation de ces matières, on a incorporé à la masse une quantité convenable de pâte de papier. La matière azotée est à 16 pour 100 d'azote : la caséine n'en contenant que 15,80 pour 100, le coefficient devrait être 6,33 au lieu de 6,25 que nous avons adopté pour l'ensemble de nos recherches. Les matières extractives, obtenues par différence, ne représentent donc pas seulement le sucre de lait, l'acide lactique et les pertes, mais aussi une petite quantité de caséine.

» Malgré les réserves qui s'imposent lorsqu'il s'agit de produits dont la composition varie nécessairement suivant leur ancienneté et suivant une foule de circonstances locales, nos analyses viennent à l'appui de tout ce qui a été dit sur la valeur des fromages français [1]. Si l'on prend, par exemple, le gruyère fabriqué dans les départements qui avoisinent la Suisse, on trouve que 100^{gr} de ce fromage contiennent, sous une forme concrète, autant de matières grasses et azotées qu'un litre de lait, soit plus

[1] La réputation des fromages français est établie depuis longtemps. On sait, par Pline, combien étaient autrefois appréciés, à Rome, les fromages de Nîmes, de la Lozère et du Gévaudan : « Laus caseo Romæ, ubi omnium gentium bona cominus judicantur, e provinciis, Nemausensi præcipua, Lesuræ Gabilicique pagi... (Lib. XI, 97, 1). »

de substances nutritives qu'il n'y en a dans 250gr de viande de boucherie à 75 pour 100 d'eau. Ce fromage, dont le transport est facile, pourrait donc jouer un rôle important dans l'alimentation de l'armée. En l'associant au pain de guerre (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 1007) sous forme de panade, on aurait un aliment substantiel qui serait vraisemblablement mieux accepté du soldat que la plupart des potages ou des pains à base de graisse, de viande ou de gluten, qui ont été proposés depuis 1870.... »

(Suit un Tableau donnant la composition centésimale d'une vingtaine de fromages, à l'état normal et à l'état sec.)

BIOLOGIE. — *Sur une méthode de coloration du protoplasma par les pigments des Champignons.* Note de M. **L. Matruchot** (1), présentée par M. Gaston Bonnier.

« Dans une récente Communication à l'Académie (2), j'ai exposé une nouvelle méthode de coloration du protoplasma des organismes inférieurs par l'action des pigments bactériens en nature.

» J'ai d'abord rappelé que la constitution morphologique du protoplasma des *Mortierella* (Mucorinées), antérieurement décrite par moi, avait été mise en évidence par la simple cohabitation, sur un même substratum, du mycélium de ce Champignon avec une Bactérie à pigment violet (*Bacillus violaceus?*). J'ai exposé ensuite les résultats obtenus sur des Bactéries elles-mêmes, en particulier la mise en évidence d'un *corps central* chez un Bacille incolore.

» Après avoir décrit ces deux cas particuliers, je faisais entrevoir combien la méthode est générale, puisqu'elle est susceptible d'une double extension. On peut, en effet, d'une part essayer la fixation d'un pigment déterminé sur des protoplasmas d'origine et de nature très variées, d'autre part changer à volonté d'organisme chromogène.

» Dans ce dernier ordre d'idées, on peut, comme je vais le montrer aujourd'hui, remplacer la Bactérie chromogène par un Champignon chromogène.

---

(1) Travail fait au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

(2) L. Matruchot, *Sur une méthode de coloration du protoplasma par les pigments bactériens* (*Comptes rendus*, 21 novembre 1898).

» On sait que les matières pigmentaires sont très répandues chez les Champignons. Mais elles ont été étudiées surtout chez les Champignons supérieurs, et celles que l'on connaît le mieux sont celles qui restent incluses dans la cellule ou se fixent sur la membrane. Il est cependant tout un groupe de pigments qui sont excrétés au dehors des cellules, et les Champignons inférieurs en fournissent de nombreux exemples.

» Pour le but que je me proposais, j'ai choisi des Mucédinées appartenant au genre *Fusarium* et aux genres voisins. Dans les cultures sur milieux artificiels, certains *Fusarium* produisent très fréquemment un pigment vert qui est mis en liberté dans le milieu ambiant. J'ai fait végéter simultanément, sur un même substratum, un *Fusarium* et un *Mortierella*. Grâce au choix de deux Champignons dont le mycélium est aussi dissemblable, continu dans l'un, cloisonné dans l'autre, on peut reconnaître sans erreur, au milieu du lacis inextricable de leur végétation, ce qui appartient respectivement à l'une ou à l'autre des deux espèces.

» Dans ces conditions, le pigment du *Fusarium* se fixe sur le protoplasma du *Mortierella* et met en évidence une structure identique à celle que fournit l'emploi de la Bactérie à pigment violet. Par conséquent, la méthode de coloration protoplasmique que j'étudie en ce moment, fondée sur l'action de pigments *en nature*, fournit des résultats d'une grande généralité, qui se corroborent mutuellement.

» De la connaissance de ces pigments et de leur mode d'action découlent encore d'autres conséquences. Certains faits de production ou de répartition de pigments, restés jusqu'ici assez inexpliqués, deviennent aisément compréhensibles. J'en citerai seulement quelques exemples.

» M. Dangeard a récemment signalé (¹) la production d'une matière colorante rouge à l'intérieur d'un mycélium de *Mucor racemosus*, le liquide ambiant restant incolore. L'auteur ne fournit aucune explication de cette anomalie, singulière chez une Mucorinée, mais il a pris soin de noter, *comme coïncidence*, le développement d'un *Penicillium* à la surface du liquide : dès lors l'explication devient pour moi évidente. Il est à remarquer, en effet, que le pigment excrété par le mycélium d'un Champignon est parfois différent de celui qui reste fixé sur l'appareil fructifère, et qui donne au Champignon sa nuance caractéristique. Il existe, en particulier, ainsi que je m'en suis assuré à plusieurs reprises, divers *Penicillium* à spores vertes qui diffusent, dans les liquides de culture, un pigment rouge (²). Dans la culture faite par M. Dangeard, c'est

(¹) Dangeard, *Sur la production accidentelle d'une matière colorante rouge dans une culture de* Mucor racemosus (*Le Botaniste*, 5ᵉ série, 1897, p. 318).

(²) M. Van den Dries a d'ailleurs observé le même fait sur le *Sterigmatocystis nigra*.

précisément le *Penicillium* qui avait sécrété la matière colorante rouge. Ce pigment avait diffusé dans le liquide, mais trop peu abondamment pour le colorer; il avait ensuite été peu à peu absorbé par les filaments de *Mucor*, sur lesquels il s'était fixé par places.

» D'autres fois il y a coloration du Champignon par lui-même : telle partie du mycélium se colore, parce que son protoplasma fixe un pigment que telle autre partie du mycélium avait, au préalable, diffusé dans le milieu ambiant.

» Dans son intéressante étude sur les *Monascus purpureus*, M. C. Went (¹) signale la bizarrerie de la répartition de la matière colorante dans ce Champignon. Il y a des filaments incolores et des filaments colorés en pourpre. Parfois, de deux cellules qui se font suite dans le thalle, l'une est colorée, l'autre reste incolore. Le périthèce peut présenter quatre cas différents : il peut être tout à fait incolore; ou bien les spores sont incolores, mais la couche couvrante est colorée; ou encore les spores peuvent être pourpres et les filaments couvrants incolores; ou enfin, le tout a une couleur pourpre foncé.

» J'ai observé les mêmes faits dans l'*Eurotiopsis Gayoni* Cost., étudié par M. Laborde (²), et dans une espèce du même genre que je nomme *Eurotiopsis Saussinei* (³). J'ai constaté qu'il s'agit, dans ce cas, d'un pigment excrété au dehors et susceptible de se fixer sur des filaments prenant par hasard contact avec lui.

» Cette simple notion suffit pour comprendre la répartition inégale, si capricieuse en apparence, de la coloration du mycélium dans ces diverses espèces (⁴).

» Enfin il convient de signaler l'utilité que peuvent présenter, pour la systématique de divers groupes d'Ascomycètes, ces notions nouvelles sur les pigments. On fait parfois intervenir comme caractères spécifiques la coloration ou la non-coloration des spores, des paraphyses, etc. Ce qui vient d'être dit montre combien ce caractère est peu précis, puisqu'une même espèce peut avoir, selon les circonstances, ses paraphyses et ses spores tantôt incolores et tantôt colorées.

» *En résumé :* Chez certains Champignons les pigments, excrétés au

(¹) C. Went, Monascus purpureus, *le Champignon de l'Ang-quac, une nouvelle Thélébolée* (*Annales des Sc. nat. : Bot.*, 8ᵉ série, t. I, 1895, p. 1).

(²) Laborde, *Sur l'*Eurotiopsis Gayoni (*Ann. de l'Institut Pasteur*, t. XI, 1897, p. 1).

(³) Cette dernière espèce est nouvelle et provient de la Martinique. Elle m'a été envoyée par mon camarade et ami M. Saussine, professeur au lycée de Saint-Pierre.

(⁴) La question se pose aussi de savoir pourquoi le Champignon n'est chromogène que dans certaines conditions. Mais c'est là un tout autre problème.

dehors des cellules, sont susceptibles de se fixer sur le protoplasma d'autres organismes vivants et d'en déceler partiellement la structure. Ce procédé de coloration, appliqué en particulier à diverses Mucorinées, m'a conduit aux mêmes résultats que l'emploi des pigments bactériens en nature.

» En outre, la connaissance de ces pigments et de leur mode d'action sur le protoplasma m'a permis d'élucider divers points obscurs de la biologie de Champignons d'ordres divers. »

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des anesthésiques sur la formation de la chlorophylle.* Note de MM. **E.-C. Téodoresco** et **Henri Coupin**, présentée par M. Gaston Bonnier ([1]).

« Parmi les faibles notions que nous possédons relativement à l'action des anesthésiques sur les plantes, l'une des plus curieuses est certainement celle qui a été introduite dans la Science par Claude Bernard, et d'après laquelle ces substances abolissent momentanément l'assimilation du carbone. Il était intéressant de rechercher si ces mêmes anesthésiques ont une action quelconque sur la formation de la chlorophylle.

» Nous ne connaissons aucun travail relatif à cette question.

» Dans le but de combler cette lacune, nous nous sommes adressés à des plantes qui, depuis le début de leur germination, avaient été étiolées par un séjour plus ou moins long à l'obscurité. Les plantules enracinées étaient mises sous des cloches absolument closes et de grandes dimensions (10^{lit} de capacité), de telle sorte que les échanges gazeux n'étaient nullement troublés par cet état confiné. Des pots témoins étaient placés, sous cloche, dans des conditions identiques. Les premières cloches en expérience recevaient une certaine dose d'anesthésique à l'état liquide, qui s'évaporait presque immédiatement. Toutes étaient placées au jour, à la lumière diffuse qui est, on le sait, plus favorable au verdissement que le plein soleil. Les pots, mis en expérience le matin, étaient retirés le soir, ou remis sous cloche jusqu'au lendemain, après renouvellement de l'air et de l'anesthésique. Pour se rendre compte si les plantules anesthésiées étaient bien vivantes, on les laissait, ensuite, en plein air, et l'on voyait ainsi si elles continuaient à croître et à verdir, indices certains de leur vitalité.

([1]) Travail du laboratoire de Botanique de la Sorbonne, dirigé par M. Gaston Bonnier.

» L'état de leur verdissement était comparé, au sortir de la cloche à anesthétique, avec celui des plantules mises sous cloche sans anesthésique.

» Nous sommes ainsi arrivés à cette notion que les anesthésiques, pris à une dose convenable et agissant pendant un temps déterminé, empêchent complètement la formation de la chlorophylle.

» Nos expériences ont surtout porté sur le Blé, la Vesce commune, le Lupin blanc et le Sarrasin. Les anesthésiques employés étaient l'éther sulfurique et le chloroforme.

» Le Tableau suivant indique les résultats d'une partie de nos expériences.

Nom de la plante.	Nature des anesthésiques.	Quantité d'anesthésique en centim. cubes.	Durée d'action.	Observations.	
				Plantes anesthésiées.	Plantes témoins, non anesthésiées.
Blé.............	Éther.	3,0	24^h	Léger verdissement.	Plantes franchement vertes.
Blé.............	»	4,0	24	Léger verdissement à la base.	Plantes entièrement vertes.
Blé.............	»	4,5	5	Léger verdissement à la base.	Plantes franchement vertes, surtout à la base.
Blé.............	»	5,0	27	Traces infimes de verdissement à la base.	Plantes entièrement vertes.
Blé.............	»	5,0	48	Les plantes sont mortes.	Plantes entièrement vertes.
Blé.............	»	5,0	20	Verdissement nul.	Plantes entièrement vertes.
Blé.............	»	5,5	17	Verdissement nul.	Plantes très vertes.
Blé.............	Chloroforme.	0,5	6	Verdissement nul.	Plantes vertes, surtout à la base.
Blé.............	»	0,5	29	Traces de verdissement à la base.	Plantes entièrement vertes.
Blé.............	»	0,8	7	Verdissement nul.	Plantes franchement vertes, surtout à la base.
Blé.............	»	1,0	24	La plante est morte.	Plantes entièrement vertes.
Vesce commune..	Éther.	4,0	8	Verdissement nul.	Plantes verdissant dans la région supérieure.
Vesce commune..	»	4,0	32	Très léger verdissement.	Plantes franchement vertes dans la région supérieure.
Vesce commune..	»	4,5	22	La plante est morte.	Plantes franchement vertes dans la région supérieure.
Vesce commune..	Chloroforme.	0,8		Verdissement nul.	Plantes verdissant dans la région supérieure.
Lupin blanc.....	Éther.	4,5	24	Verdissement nul des feuilles; léger verdissement des cotylédons; verdissement nul de la tige.	Feuilles et cotylédons vert pâle, tige verdâtre.
Lupin blanc.....	»	5,3	9	Verdissement nul,	Cotylédons verdissant.
Lupin blanc.....	Chloroforme.	1,0	9	Verdissement nul.	Cotylédons verdissant.
Sarrasin.........	Éther.	4,0	30	Verdissement nul.	Feuilles vertes.

» On voit donc qu'il ne s'est produit aucun verdissement à la lumière :

» Pour le Blé, pendant vingt heures, avec une dose de 5^{cc} d'éther, et, pendant sept heures, avec une dose de $0^{cc},8$ de chloroforme;

» Pour la Vesce commune, pendant huit heures, avec une dose de 4^{cc} d'éther, et, pendant six heures, avec une dose de $0^{cc},8$ de chloroforme;

» Pour le Lupin blanc, pendant neuf heures, avec 1^{cc} de chloroforme, et, pendant neuf heures, avec $5^{cc},3$ d'éther;

» Pour le Sarrasin, pendant trente heures, avec une dose de 4^{cc} d'éther.

» Cette propriété de s'opposer à la formation de la chlorophylle paraît générale pour les anesthésiques. C'est ainsi qu'en nous adressant au sulfure de carbone nous avons obtenu des résultats analogues. Le verdissement à la lumière ne s'est pas produit :

» Pour le Lupin blanc, pendant neuf heures, avec $1^{cc},5$;

» Pour le Sarrasin, pendant six heures, avec 1^{cc}.

» De nombreuses expériences nous ont prouvé qu'il y a, dans chaque cas, une quantité déterminée d'anesthésique pour obtenir le maximum d'action sans tuer la plante. On peut en juger par plusieurs des résultats reproduits dans le Tableau précédent. En effet, les mêmes substances, prises à une dose plus forte ou pendant des temps plus longs, commencent par rendre la plante malade, puis la tuent. Mais il est intéressant de noter que les mêmes anesthésiques, pris à une dose plus faible que celle indiquée ci-dessus, diminuent considérablement la production de la chlorophylle, et d'autant moins que leur quantité est plus faible. C'est ainsi que 3^{cc} à 4^{cc} d'éther permettent encore au Blé de verdir légèrement à la base pendant vingt-quatre heures, et que les 5^{cc} d'éther qui annihilent le verdissement du Blé laissent encore pendant vingt-quatre heures se former de la chlorophylle dans les cotylédons du Lupin blanc, mais non dans les feuilles ni dans la tige, lesquelles restent jaunes.

» On voit que les doses optima peuvent être variables avec les espèces et la nature des organes du végétal.

» *En résumé :* 1° Les anesthésiques, employés à une dose convenable et pendant un temps déterminé, empêchent la production de la chlorophylle chez les plantes étiolées exposées à la lumière;

» 2° Les anesthésiques, employés à une dose plus faible que celle qui s'oppose à la production de la chlorophylle, diminuent considérablement le verdissement des plantes;

» 3° Les doses d'un même anesthésique, qui produisent le maximum

d'action, sans tuer la plante, varient avec les espèces végétales, mais dans des limites assez peu éloignées. »

BOTANIQUE. — *Étude géobotanique sur la flore des hauts bassins de la Sallanche et du Trient.* Note de M. **Paul Jaccard**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« La région dont il s'agit est nettement délimitée : elle s'étend à l'est de la chaîne calcaire allant de la Dent du Midi au Buet et ne correspond, à l'occident, avec les chaînes des Alpes lémaniennes, que par des cols étroits de 2500^m d'altitude moyenne. Ce territoire est partagé, par les chaînons du Luisin d'une part, du Bel Oiseau et de Fontanabran d'autre part, en trois vallons parallèles dont l'altitude moyenne est de 1800^{mm} à 1900^m. L'ouverture des trois vallons se fait sensiblement dans la direction de la grande coupure valaisane, de sorte qu'ils présentent un versant exposé au nord et un au midi. Ce qui rend cette région intéressante, c'est qu'elle est traversée par la ligne de partage des terrains calcaires préalpins et des gneiss appartenant au système des Alpes granitiques centrales.

» En établissant la statistique florale de chacun des versants ainsi que des diverses stations dans les trois vallons, je suis parvenu à mettre en relief, d'une façon frappante, l'influence de l'*exposition*, celle de la *déclivité* du sol et celle de la *concurrence* entre les espèces, dans la distribution florale et dans la présence des diverses associations végétales.

» 1. Sur le versant méridional d'Emaney, entre 1900^m et 2300^m, règne d'une façon presque continue la prairie alpine plus ou moins luxuriante; on peut y relever plus de 200 espèces de plantes, la plupart appartenant à la flore alpine. Sur le versant opposé, dont toutes les conditions, sauf celle de l'exposition, sont sensiblement égales, on rencontre, entre 1900^m et 2100^m, un fourré d'*Alnus viridis*, accompagné de *Rhododendron* et de hautes herbes dont le cinquième à peine sur 60 appartient à la flore alpine, les autres sont des plantes de la flore silvatique des basses régions montagneuses; par leur exubérance, elles ont refoulé la flore alpine qui prospère à 300^m ou 400^m de distance sur le versant opposé.

» A 2100^m, l'existence d'un petit plateau, interrompant la pente générale du versant, détermine l'apparition d'un *callunetum*, où, sur un fond de mousses et de sphaignes, prospèrent la Bruyère commune, les *Vaccinium myrtillus* et *uliginosus*, avec une dizaine d'espèces herbacées tout au plus.

Vers 2200^{m}, le sol est couvert par les formations de l'*Azalea procumbens*, de l'*Empetrum nigrum* et du *Lichen des rennes;* dans les dépressions et les petits vallons, c'est la formation de l'*Alchemilla vulgaris*, accompagnée du *Plantago alpina* et du *Gnaphalium supinum*, qui occupe le terrain.

» L'influence considérable de l'exposition se révèle encore par la présence d'une prairie alpine de peu d'étendue, vers 2200^{m} d'altitude. Cette formation, dont la composition florale est à peu près la même que celle du versant méridional du vallon d'Emaney, doit sa présence, à cette altitude sur ce versant septentrional, à l'exposition particulière déterminée par une dépression latérale au-dessus d'un petit lac de barrage.

» 2. En comparant les pentes méridionales calcaires de Gagnerie [1] avec celles du Luisin, qui sont gneissiques, on voit qu'elles sont toutes deux couvertes par la prairie alpine; le nombre des espèces y est à peu près le même; mais la composition florale est fort différente. On n'y compte guère qu'un tiers des espèces qui soient communes aux deux versants. La différence provient, pour une part, de la présence des calcicoles exclusives sur l'un des versants, et des silicicoles exclusives sur l'autre; mais cela représente à peine le cinquième de la flore totale; la différence dans la répartition des espèces indifférentes au point de vue chimique peut s'expliquer en partie par la nature des stations actuelles, mais elle doit provenir aussi, dans une certaine mesure, des conditions qui présidèrent jadis à la répartition des espèces, conditions qui ont été modifiées depuis, mais qui ont pu donner à certaines plantes, vis-à-vis de leurs concurrentes, les avantages d'une situation acquise. (Parmi les causes de répartition florale qui ont dû se modifier d'une façon sensible, il faut comprendre surtout l'ablation subie par les anciennes moraines, grâce à l'érosion.)

» 3. En ce qui concerne la provenance des éléments floraux, on remarque que le fond de la végétation se rattache à la flore des Alpes savoisiennes; il faut y ajouter une vingtaine d'éléments particuliers aux Alpes granitiques.

» 4. La nature du substratum, lorsqu'elle agit seule, établit dans la flore du territoire considéré des différences beaucoup moins frappantes que celles qui résultent des différences d'exposition ou de déclivité. On peut faire la même remarque à propos de l'altitude. De part et d'autre de la ligne de séparation des terrains, on peut noter une douzaine d'espèces seulement, de chaque côté, qui ne franchissent pas la ligne de séparation.

---

(1) Contrefort de la Dent du Midi.

» 5. Les éléments granitiques se sont certainement introduits par immigration orientale depuis les hautes Alpes valaisanes.

» A propos de la présence de semblables éléments constatée sur le flysch des Alpes de Savoie, je ne puis accepter la théorie des *filtres*, proposée par M. Briquet (1); je crois pouvoir poser en principe qu'on peut s'attendre à rencontrer ces mêmes éléments sur toute la lisière méridionale des préalpes, partout où le terrain houiller, le permien métamorphique et le flysch constituent un substratum siliceux.

» 6. En ce qui concerne l'immigration post-glaciaire de la flore du bassin du Trient, je distinguerai trois phases :

» *a*. Une immigration par *voie orientale* des éléments de la flore nivale et morainique, ainsi que celle des hauts rochers et pelouses (2);

» *b*. Une immigration *occidentale* d'éléments alpins et subalpins résultant du dégagement des glaces, dû à la période xérothermique; en même temps, ascension des forêts de mélèzes et d'arolles sur les flancs orientaux, suivie d'un refoulement partiel de la flore alpine et de l'installation d'une flore silvatique;

» *c*. La période actuelle, caractérisée dès le début par un abaissement dans la limite des forêts et dans celle de l'élément silvatique, par la disparition de plus en plus complète des dépôts morainiques permettant à la végétation d'acquérir sa distribution actuelle.

» 7. L'exploration détaillée de cette région depuis si longtemps visitée par les botanistes m'a permis d'y découvrir un bon nombre de plantes ou de stations nouvelles, ce qui montre avec quelle prudence il faut conclure à l'absence de telle ou telle espèce dans une région qui n'a pas été soumise à une exploration systématique consciencieuse, ce qui est encore le cas pour une bonne partie de la chaîne des Alpes.

» La découverte la plus intéressante concerne le *Carex microglochin* à Barberine. Cette espèce, très rare dans les Alpes valaisanes, n'avait pas encore été signalée à l'ouest de la vallée de Bagne (3). »

(1) J. Briquet, *Recherches sur la flore du district savoisien*, p. 42. — *Notes sur la flore du massif de Plate*, p. 52; 1895.

(2) L'absence de certains types morainiques silicicoles, tels que *Cerastium uniflorum* et *glaciale*, *Callianthemum rutæfolium*, etc., dans le bassin du Trient, peut s'expliquer par l'ancienne extension prépondérante des moraines calcaires dans cette région et leur persistance jusqu'au moment où l'établissement des forêts et des éléments silvatiques vint constituer un obstacle sérieux à leur introduction depuis les Alpes granitiques voisines.

(3) Le Mémoire complet paraîtra dans la *Revue générale de Botanique*, dirigée par

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de fossiles dans les assises qui constituent en Provence la formation dite* étage de Vitrolles, *et sur la limite des terrains crétacés et tertiaires dans le bassin d'Aix* (*Bouches-du-Rhône*). Note de M. G. Vasseur, présentée par M. Marcel Bertrand.

« La puissante série de sédiments fluvio-lacustres qui représente, dans le bassin d'Aix, les dernières divisions du terrain crétacé et les parties inférieure et moyenne de l'éocène, comprend une succession de couches rutilantes (argiles et grès avec lits de calcaire et de poudingue intercalés) que les géologues ont désignée sous le nom d'*étage de Vitrolles* et qui sépare les calcaires lacustres crétacés de Rognac des calcaires éocènes à *Physa prisca* Noul. Aucun fossile n'ayant été découvert jusqu'à présent dans cette formation ([1]), il n'avait pas été possible d'établir si les couches vitrolliennes doivent être assimilées au dernier terme de la série secondaire, c'est-à-dire à l'étage montien, ou à la première division des terrains tertiaires, l'étage thanétien ([2]).

» Les observations que nous allons faire connaître suppriment aujourd'hui toutes les difficultés relatives à cette question, en montrant que la limite du crétacé et du tertiaire dans le bassin d'Aix doit être placée *au milieu même du système de Vitrolles*, et, pour mieux préciser, au-dessus du niveau calcaire connu des géologues sous le nom de *marbre de Vitrolles et de la Galante*.

» 1° A 6^m environ au-dessus de la barre calcaire de Rognac, il existe, dans les argiles rouges qui affleurent sous le village même de Vitrolles, un lit de calcaire très noduleux contenant, comme les couches rognaciennes, des coquilles de *Bauxia*. Cet

M. Gaston Bonnier; il sera accompagné d'une Carte explicative donnant la distribution des associations végétales caractéristiques.

([1]) Nous montrerons prochainement que l'horizon fossilifère (*mélanies, paludines et unios*) des environs du Tholonet (Roqueshaute), classé par M. Collot dans les couches de Vitrolles, appartient à un étage plus ancien de la série fluvio-lacustre crétacée.

([2]) Voir les nombreuses publications de M. Matheron sur la Provence. — Collot, *Desc. géol. des environs d'Aix-en-Provence*, 1880, p. 100 (*Carte géol.: Feuille d'Aix* au $\frac{1}{80000}$). — Villot, *Ann. des Mines*, 3e série, n° 41883. — Roule, *Recherches sur les terrains fluvio-lacustres inférieurs de Provence* (*Ann. des Sciences géol.*, t. XVIII, 1885.). — De Grossouvre, *Bull. de la Société géol. de France*, 3e série, t. XXV. — Vasseur, *Note préliminaire sur la constitution géologique du bassin tertiaire d'Aix-en-Provence* (*Ann. de la Fac. des Sc. de Marseille*, juillet 1897).

horizon, qui se poursuit vers l'est, nous a fourni en outre à la Billonne, près des Pennes, des *unios* empâtés dans des concrétions; il n'y a d'ailleurs aucune raison pour ne pas le rattacher encore à l'étage de Rognac.

» 2° C'est également dans les environs des Pennes, à l'est du hameau des Pinchinades, que nous avons rencontré les fossiles plus intéressants de la série vitrollienne. Le calcaire compact gris et blanc qui se montre à cet endroit, à 3^m au-dessus des calcaires marmoréens bariolés (marbre de Vitrolles), renferme, en effet, de très petites Physes, que nous ne saurions distinguer de la *P. montensis*, signalée à Mons par MM. Cornet et Briart.

» Ce fait a d'autant plus d'importance que nous avons trouvé dans les bancs argilo-calcaires, situés seulement à 6^m plus haut, plusieurs exemplaires de *Physa prisca*, espèce de grande taille, considérée comme la forme représentative, pour le midi de la France, de la *Physa gigantea* Michaud, des calcaires thanétiens de Rilly dans le bassin de Paris.

» 3° Au contact des calcaires à *Physa montensis* et de l'argilolithe rouge supérieure, nous avons enfin découvert de nombreux Gastropodes terrestres appartenant à un genre nouveau de la famille des *Pupidæ*. Nous nous proposons de dédier à M. Matheron, sous le nom générique de *Palæostrophia* (*P. Matheroni*), ce type de Mollusques si particulier, qui rappelle assez les *Strophia* par la forme générale et le mode d'ornementation, mais diffère de ce genre par la disposition de l'ouverture.

» 4° La barre des Pinchinades est recouverte par des argiles et argilolithes rutilantes, comprenant des intercalations de poudingue à éléments anciens; c'est la division supérieure des argiles de Vitrolles, à laquelle on peut attribuer une trentaine de mètres d'épaisseur. Toutefois, si l'on suit, dans la direction des Pennes, ces dépôts vivement colorés en rouge par le fer, on y voit bientôt apparaître, en coins, de nombreux lits plus pâles et très calcareux; ces bancs gagnent peu à peu en épaisseur aux dépens des argiles, se soudent plus ou moins entre eux et, passant quelquefois à des calcaires plus purs, se réunissent finalement à la masse sus-jacente des calcaires à *Physa prisca*.

» Il résulte de ces modifications de facies que, près du village des Pennes, il n'existe plus que 3^m ou 4^m d'argile rouge séparant le calcaire des Pinchinades de la série calcaire supérieure.

» La découverte que nous avons faite de plusieurs spécimens de *Physa prisca*, à la base même de ces calcaires supérieurs, nous autorise donc aujourd'hui à rattacher à l'éocène inférieur la plus grande partie des couches argileuses de Vitrolles situées au-dessus de l'horizon fossilifère des Pinchinades.

» *En résumé*, la découverte de quatre horizons fossilifères dans la série des couches de Vitrolles nous amène aux conclusions suivantes :

» 1° La faune de Rognac (*Bauxia*) se maintient dans les parties les plus inférieures de cette série;

» 2° Les argiles rouges, avec intercalations de grès et poudingue, infé-

rieures au calcaire marmoréen de Vitrolles, ce calcaire et celui des Pinchinades à fossiles d'eau douce montiens ([1]) représentent le calcaire de Mons et, dans le bassin sous-pyrénéen, le garumnien supérieur des auteurs, c'est-à-dire les argiles rouges superposées au *calcaire lithographique* de Leymerie ([2]) et, plus à l'ouest, l'horizon du *Micraster tercensis*, caractérisé par des espèces marines de l'étage montien (*Trochus Lefebvrei* B et C, *Cerithium inopinatum* B et C, *C. montense* B et C, *Rostellaria Houzeaui* B et C ([3]).

» 3° Les formations rutilantes (argiles, argilolithes, grès et poudingues) qui recouvrent le calcaire des Pinchinades appartiennent à l'étage thanétien et constituent un facies local de la base des calcaires à *Physa prisca* auxquels on les voit passer latéralement. Cette division a pour équivalents, dans le sud-ouest de la France, les calcaires à Milioles situés à la base du nummulitique et les calcaires à *Physa prisca* de Montolieu et de la région de l'Alaric ([4]).

» La série des couches rutilantes de Vitrolles appartient donc, pour ses assises inférieures, au terrain crétacé tandis que sa division supérieure doit être rapportée au terrain éocène. »

NAVIGATION. — *Mesures proposées pour éviter les collisions de navires en temps de brouillard.* Note de M. E. **Lacoine**, présentée par M. Mascart. (Extrait.)

« Pour diriger la marche d'un navire à l'entrée d'un port, on peut installer de part et d'autre du passage deux postes, dits *phonophoriques*, reliés électriquement et munis d'appareils propres à produire simultanément et à intervalles réguliers des sons intenses de tonalités différentes. Le temps qui s'écoule entre l'audition des deux sons sur le navire indique la différence des distances aux deux postes, de sorte que le navire se trouve sur une hyperbole déterminée, ayant ces postes pour foyers.

([1]) Le niveau fossilifère qui nous a fourni les *Palæostrophia* renferme encore la *Physa montensis* et forme, par conséquent, la partie supérieure de l'étage montien.

([2]) Ce calcaire renferme, d'après M. Mayer-Eymar, des fossiles rognaciens (*Bauxia*). Voir Hébert, *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, t. X, p. 558.

([3]) De Grossouvre, *Bulletin de la Société géologique de France*, 3e série, t. XXV, p. 558.

([4]) Bresson, *Comptes rendus des collaborateurs : Service de la Carte géologique de France*, Campagne de 1896.

» Si l'un des postes émet en même temps deux sons, l'un dans l'air et l'autre dans l'eau, le navire étant muni de récepteurs pour entendre l'un et l'autre, la distance elle-même se déduira du temps qui s'écoule entre les deux auditions, par suite de la vitesse inégale de propagation dans les deux milieux.

» Enfin, deux navires peuvent encore déterminer leur distance réciproque, soit par des appareils à double propagation, dans l'air et dans l'eau, soit à l'aide d'un simple son produit par le premier navire et que l'autre répète aussitôt après l'audition; s'il n'y a pas de temps perdu, la distance est donnée sur le premier navire par l'intervalle du son produit et de l'arrivée du son répété. Dans ce cas, les navires s'avertiraient, par un signal sonore convenu, de se préparer à une communication phonophorique (¹). »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *A propos du rayon vert.* Note de M. **Piot-Bey**, présentée par M. A. Chauveau. (Extrait.)

« Peu de contrées paraissent se prêter autant que l'Égypte à la manifestation du rayon vert. Aussi est-il d'observation courante dans toute la Basse-Égypte, au sommet du Delta comme à Alexandrie et à Suez, au lever comme au coucher du Soleil.

» Malgré la très courte durée de son apparition, le rayon est perçu très nettement; toujours d'un beau vert d'émeraude, la couleur est généralement plus éclatante au lever de l'astre. A son coucher, lorsque l'observateur prévenu peut suivre plus attentivement la production du phénomène, sa durée paraît un peu plus longue, et, alors, il n'est pas rare de voir le rayon ultime prendre très distinctement une coloration *bleue*.

» M. William Groff (*Bulletin de l'Institut égyptien*, mars 1893, p. 149; nov. 1893, p. 360, etc.), affirme avoir souvent observé, au Soleil levant, ce premier rayon bleu, précédant immédiatement le rayon vert.

» Ses observations ayant été faites habituellement près des ruines de Memphis, non loin de la Pyramide à degrés de Saqqarah, il a même avancé que les anciens Égyptiens avaient très probablement été témoins de ce curieux phénomène. Il en trouve la preuve dans ce fait que, sur un grand nombre de monuments, et, en particulier, sur une stèle de la Ve dynastie, le signe idéographique-syllabique (kha) , représentant le Soleil

(¹) Sans examiner les difficultés pratiques de cette méthode, il n'est pas inutile de rappeler que l'utilisation des vitesses de propagation du son dans l'air et dans l'eau avait été déjà proposée par Arago.

levant, porte la couleur bleue sur sa bande extérieure, et la couleur verte sur les deux bandes intérieures.

» En tous cas, cette thèse ne paraît nullement invraisemblable si l'on considère que les Égyptiens étaient très versés dans l'étude des sciences contemplatives, et particulièrement en Astronomie. Or le phénomène du rayon vert se présente avec beaucoup de netteté aux environs de Memphis, l'une des grandes capitales de l'ancien Empire; il est donc peu probable qu'une particularité aussi remarquable de leur dieu Râ eût échappé à la sagacité de leurs observations.

» D'autre part, leurs écrits, d'après M. W. Groff, comporteraient plusieurs allusions à la couleur verte du Soleil à son lever; ils assimilaient le disque solaire sortant de l'horizon à une pierre précieuse, la *mafek*, couleur de l'émeraude.

» Quoi qu'il en soit de l'ancienneté d'observation du rayon vert, il est hors de doute, ainsi que l'avançait M. de Maubeuge (séance du 26 septembre) : 1° que le rayon vert est un phénomène absolument objectif; 2° que l'horizon de la mer n'est pour rien dans cette coloration verte; 3° qu'il n'entre aucune suggestion dans l'observation de ce rayon. »

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

J. B.

ERRATA.

(Séance du 7 novembre 1898.)

Note de MM. *André Delebecque* et *Étienne Ritter*, Sur quelques lacs des Pyrénées-Orientales, etc. :

Page 741, lignes 1, 12 et 15, en remontant, *au lieu de* d'Ayons, *lisez* d'Ayous.